

Elektrotechnik und Maschinenbau

ZEITSCHRIFT DES ÖSTERREICHISCHEN
VERBANDES FÜR ELEKTROTECHNIK
SCHRIFTLEITER: H. SEQUENZ UND F. SMOLA, WIEN SPRINGER-VERLAG, WIEN

7. Jahrgang

Wien, 15. Dezember 1960

Heft 24, Seite 645—672

Das Herz der Elektrowärme

KANTHAL

und

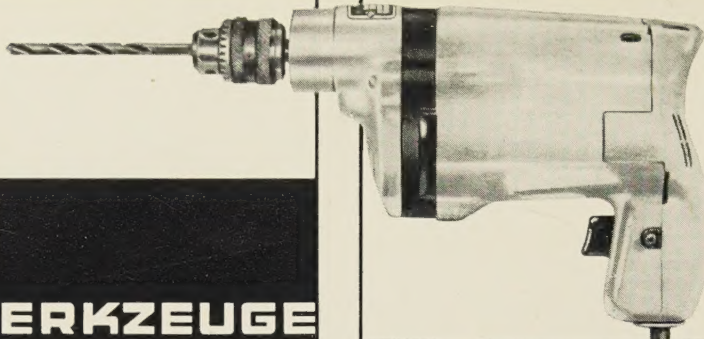
NIKROTHAL

Heizleiterlegierungen

AKTIEBOLAGET KANTHAL • HALLSTAHAMMAR • SCHWEDEN



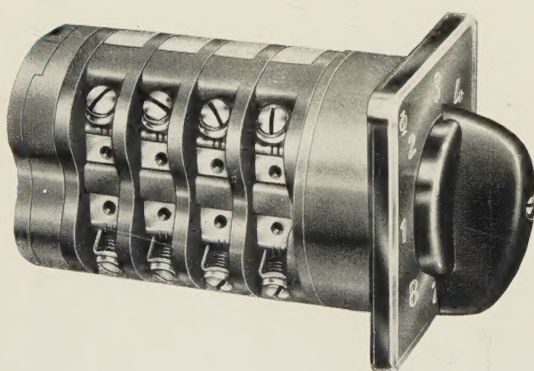
Generalvertretung für Österreich:
ING. JOSEF RATHNER
Wien VIII, Wickenburggasse 4
Telefon: (0 222) 33 05 39

BOSCH

BOHRMASCHINEN
SCHLEIFER
POLIERER
SCHRAUBER
HANDSÄGEN
NÄGER
BLECHSCHEREN

LESTO**ELEKTROWERKZEUGE**

ELEKTRO-DIESEL HANDELSGESELLSCHAFT M.B.H. WIEN I

SCHUBERTRING 6
TEL. 52 45 71**DAS KENNZEICHEN DES QUALITÄTSSCHALTGERÄTES**

C 40 — Ein Nockenschalter für 40 A 600 V
(24 PS 380 V) in robuster Ausführung. Kom-
binationsfähig durch eine große Zahl von
Zusatzeinrichtungen.

DIE

BLAUE REIHE
KORROSIONSFEST
VOLLISOLIERT
LANGE LEBENSDAUER
WARTUNGSFREI
ANPASSUNGSFÄHIG

**K R A U S & N A I M E R**

WIEN 18, SCHUMANNGASSE 33-37 TELEFON 33 06 25 — AUSTRIA

RUSA
ZUG
MAGNETE

REGEL — SCHUTZ — STEUER
TRANSFORMATOREN

RUSA Arnold, Wien XVIII, Schumanngasse 36, Ruf 33 33 85

**Marelli VENTILATOREN***laufen
leise*

DR. WILH. HEINISCH
WIEN VII. KIRCHENG. 19



Die ELIN-Hochspannungssteuerung für Vollbahnlokomotiven

Von E. PAWELKA, Wien

DK 621.337.1

Die Fahrmotoren der Einphasenlokomotiven für $16\frac{2}{3}$ Hz sind wohl ausnahmslos Einphasen-Reihenschluß-Kommutatormotoren. Sie können nur für eine ziemlich niedrige Spannung gebaut werden. Bei großen Lokomotivleistungen und parallelgeschalteten Fahrmotoren kommt man dadurch leicht zu Strömen von über 10 kA auf der Unterspannungsseite des Transformators. Wenn mehrere Fahrmotoren vorhanden sind, der Einzelachs Antrieb ist ja heute die Regel, könnte die Sekundärstromstärke durch Serienschaltung der Fahrmotoren herabgesetzt werden. Diesen Weg beschreitet man aber gerade beim Einzelachs Antrieb nicht. Hintereinandergeschaltete Reihenschlußmotoren haben untereinander gleiche Drehmomente, auch wenn sie untereinander verschiedene Drehzahlen haben. Wenn daher auch nur eine Achse ins Schleudern gerät, dann sinkt die Zugkraft des ganzen Fahrzeuges im selben Maß wie die der schleudernden Achse. Da schaltet man schon lieber die Fahrmotoren parallel, trotz der großen Gesamtstromstärke.

Für das Anfahren und zur Beeinflussung der Fahrgeschwindigkeit muß die Klemmenspannung der Fahrmotoren verändert werden. Geschieht das auf der Niederspannungsseite des Lokomotivtransformators, so müssen die Schaltgeräte der Steuerung für die hohe Stromstärke von u. U. über 10 kA bemessen sein. Wohl kann man z. B. bei Schützensteuerungen die Gesamtstromstärke und auch die Schaltleistung verlässlich auf 2, 3 oder 4 Schütze aufteilen, braucht aber dazu zusätzlich Stromteiler-Transformatoren. Bei hohen Lokomotivleistungen wird bei einer Niederspannungssteuerung der Aufwand an Schaltgeräten, Stromteiler-Transformatoren und Verbindungsschienen sehr groß. Es war daher ein Markstein in der Entwicklung der Einphasenlokomotive, daß etwa 1930 BBC in Baden, Schweiz, eine Steuerung herausbrachte, bei der die Klemmenspannung der Fahrmotoren durch Eingriff auf der Oberspannungsseite des Transformators verändert wurde. Die Abb. 1 veranschaulicht diese BBC-Hochspannungssteuerung. Man sieht den Regeltransformator, ausgeführt als Autotransformator, von welchem eine variable Spannung abgegriffen wird, die der Primärwicklung eines Fixtransformators zugeführt wird. Seine Sekundärwicklung speist die Fahrmotoren. Der Fixtransformator ist für die Lokomotivleistung bemessen, also bedeutet der Regeltransformator einen zusätzlichen Aufwand. Es ist das Hauptproblem aller Hochspannungssteuerungen, den zusätzlichen Transformatoraufwand so zu beschränken, daß er die Ersparnisse an Schaltgeräten, Verbindungsleitungen und Sonstigem nicht übersteigt. Bei der BBC-Steuerung wird das dadurch erreicht, daß die beiden funktionell getrennten Transformatoren baulich so vereinigt sind, daß sie statt zweier unbewickelter Schenkel einen gemeinsamen haben. In genialer Weise sind die

Eisenkörper der beiden Transformatoren magnetisch so geschaltet, daß der gemeinsame Schenkel einen Differenzfluß führt. Dieser erreicht höchstens den Fluß des Regeltransformators. Der zusätzliche Aufwand an Eisen ist daher verhältnismäßig klein. Unter Vernachlässigung des Magnetisierungsstromes kann man leicht ausrechnen,

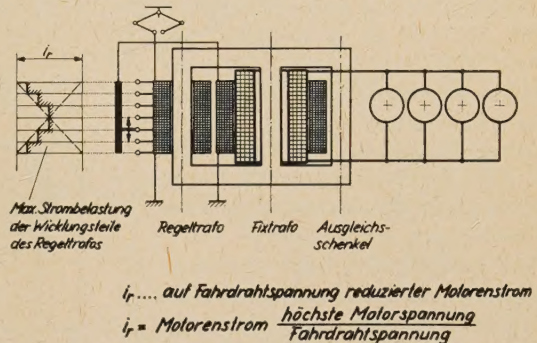


Abb. 1. Hochspannungssteuerung von BBC

nen, welchen höchsten Strom die einzelnen Wicklungsgruppen des Regeltransformators zu führen haben. Es ergibt sich das Diagramm in der Abb. 1. Dort ist der auf Oberspannungsseite reduzierte Fahrmotorenstrom eingeführt. Man sieht, daß durch individuelle Anpassung der Leiterquerschnitte merkbare Ersparnisse möglich sind.

Das Abgreifen der Spannung von den einzelnen Anzapfungen des Regeltransformators muß natürlich ohne Unterbrechung der Leistungsabgabe erfolgen. Es geschieht nach dem bekannten Zellschalterprinzip mit Haupt- und Nebenbürste und Überschaltwiderstand. Die Anzapfkontakte schalten stromlos, die Leistung wird mittels zweier Lastschalter unterbrochen. Einer ist der Hauptbürste, der andere der Nebenbürste zugeordnet.

Nach der Pioniertat von BBC entstanden weitere Hochspannungssteuerungen.

Vor einiger Zeit stellte sich meine Firma die Aufgabe, eine möglichst einfache und gewichtsparende Hochspannungssteuerung zu schaffen, denn der Zug nach einer solchen wurde mit der Zunahme der Lokomotivleistungen immer deutlicher. Das Schaltwerk aller Lokomotiv-Hochspannungssteuerungen zerfällt in den oder die Wähler und die Lastschalter, siehe die BBC-Steuerung. Der Wähler greift die Spannung von den Anzapfungen des Regeltransformators ab. Er schaltet leer, also ohne Strom. Man kann sagen, der Wähler ist ein leerschaltender Stufenschalter. Er kann, weil praktisch ohne Abnutzung, im Transformator unter Öl angeordnet werden. Es wäre auch undenkbar, die zahlreichen Anzapfungen der Hochspannungswicklung aus dem Transformator herauszuführen.

Die Leistungsunterbrechung ist Sache der Lastschalter. In Luft schaltende Lastschalter sind dem Lokomotivbetrieb sehr gut angepaßt. Ihre Löscheinrichtungen und Schaltstücke können leicht revidiert und ausgewechselt werden. Das ist bei der großen Schalthäufigkeit im Lokomotivbetrieb sehr wesentlich. Man muß hier durchschnittlich mit mindestens 6 Stellungswechseln des Schaltwerkes je Kilometer rechnen. Das gibt im Monat mindestens 120 000 Schaltungen jedes Lastschalters! Das ist ein Vielfaches der Schalthäufigkeit bei ortsfesten Regeltransformatoren. Dort sind Lastschalter unter Öl berechtigt. Sie arbeiten dort meist mit Momentschaltung, sind sogenannte Sprunglastschalter. Dadurch ist der Überschaltwiderstand vor Verbrennen geschützt, wenn der Schalterantrieb durch eine Störung zwischen zwei Stellungen zum Stillstand kommt.

Unsere Firma entschied sich, wie die meisten, für Luftlastschalter und gegen Sprunglastschalter. Bei einem solchen unter Öl ist das Kontaktprellen zu beherrschen. Schwer schien das aber bei einem Sprunglastschalter in Luft. Man nahm lieber, wie andere auch, die Überwachungseinrichtung in Kauf, die den Lokomotiv-Hauptschalter ausschaltet, wenn die Steuerung in Zwischenstellungen stehenbleibt.

Der Leitgedanke, beim Transformator mit geringstem Aufwand auszukommen, war folgender: Der zusätzliche Aufwand steckt offenbar im Regeltransformator. Dieser zusätzliche Aufwand wird um so geringer sein, je weniger Leistung man den Anzapfungen des Regeltransformators entnimmt. Diese Leistung ist klein, wenn man die Fahrmotorspannung durch Addition und Subtraktion von fixen Spannungsanteilen untereinander und durch Addition und Subtraktion von variablen Spannungsanteilen bildet. Verschiedene solcher Anordnungen wurden untersucht und ergaben tatsächlich Ersparnisse an Transformatoraufwand und an Anzapfungen. Zunächst aber krankten alle Projekte an einem beträchtlichen Aufwand an hochspannungsseitigen Umschaltern. Schließlich wurde aber „die“ Anordnung gefunden, welche durch Einfachheit und Wirksamkeit verblüfft.

Die obere Hälfte von Abb. 2 zeigt das Prinzip der Steuerung. Man hat einen Regeltransformator und einen Fixtransformator. Es hat hier aber auch der Regeltransformator eine Sekundärwicklung. Sie ist mit jener des Fixtransformators in Reihe geschaltet. In diesem Kreis liegen auch die Fahrmotoren. Die Anzapfungen des Regeltransformators sind zu einem Stufenschalter, dem Wähler, geführt. Er verbindet die einzelnen Anzapfungen mit der Primärwicklung des Fixtransformators. Der Wähler ist kreisförmig ausgeführt und hat in der Abbildung 10 Kontakte. Zum besseren Verstehen ist die Regel-Oberwicklung kreisförmig um den Stufenschalter gezeichnet. Es ist noch ein einpoliger Umschalter, der sogenannte Wender, vorgesehen. Oben links ist Fahrstufe 0 festgehalten. Es liegt

fast die volle Fahrdrachtspannung an der Oberwicklung des Fixtransformators und daher wird in dessen Unterwicklung eine hohe Spannung erzeugt. Sie ist nur wenig niedriger als die stets gleichbleibende Spannung, welche in der Unterwicklung des Regeltransformators erzeugt wird. Beide Spannungen sind entgegengerichtet. Die Fahrmotoren bekommen daher eine geringe Spannung, wenn jetzt die Trennschütze geschlossen werden, womit Fahrstufe 1 erreicht ist. Beim Weiterdrehen des Wählers wird der subtraktive Spannungsanteil des Fixtransformators immer kleiner, die Motorspannung steigt. In der Abb. 2, oben, Mitte, ist Fahrstufe 10 erreicht. Die Oberwicklung des Fixtransformators liegt an keiner Spannung, ist kurzgeschlossen. Die Triebmotoren bekommen die Unterspannung des Regeltransformators, das ist etwa die halbe höchste Motorspannung. In diesem Stadium wird der Wender umgestellt. Wenn anschließend der Wähler weitergedreht wird, wird der Fixtransformator mit wieder steigender

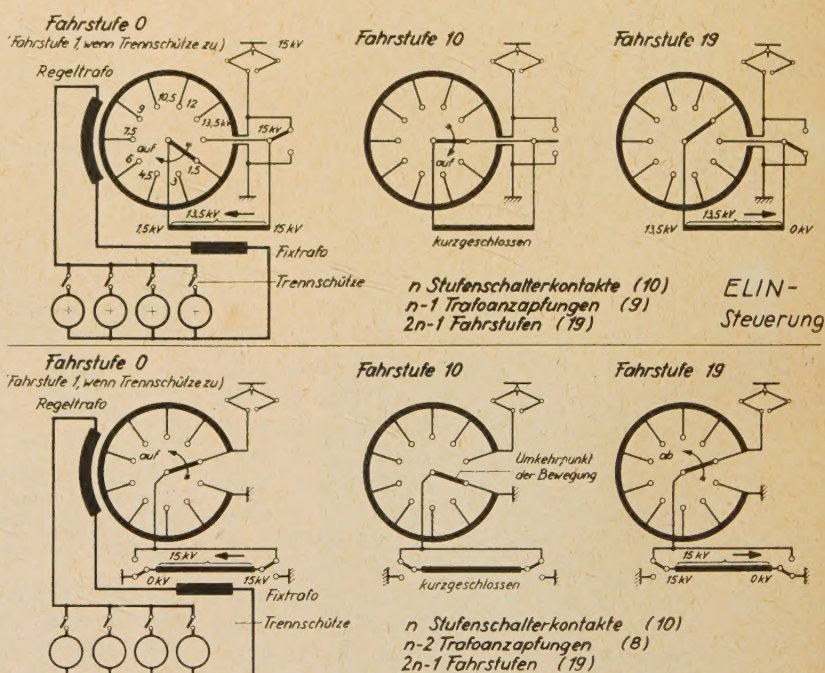


Abb. 2. Prinzip von Hochspannungssteuerungen

Spannung vom Regeltransformator gespeist. Der Sinn der Spannung ist aber entgegengesetzt dem früheren. Daher steigt auch die Motorspannung. Auf Fahrstufe 19, Bild oben, rechts, ist der höchste Wert erreicht. Beim Durchlaufen der ganzen Fahrstufenreihe wird der Stufenschalter zweimal durchlaufen. Man hat also nur rund halb soviel Anzapfungen und Stufenschalterkontakte als Fahrstufen, also sehr sparsame Verhältnisse. Gegenüber z. B. einer anderen Steuerung sind die Stufenspannungen bei gleich viel Fahrstufen rund doppelt so groß. Dafür führen die Transformator-Anzapfungen, der Stufenschalter und die Lastschalter nur etwa den halben Strom wie dort. Auch das gibt sparsame Verhältnisse.

In der Grundanordnung liegt ein Kunstgriff. Wenn man darangeht, die geschilderte Zu- und Gegenschaltung durchzuführen, kommt man sicher zuerst auf die Anordnung, die in der unteren Hälfte der Abbildung gezeichnet ist. Man braucht dabei statt eines, zwei Wender, die getrennt verstellt werden müssen. Unan-

genehm ist auch, daß beim Durchlaufen des ganzen Regelbereiches der Wähler seine Bewegung umzukehren hat. Das erfordert komplizierte Getriebe. Wie später gezeigt, wird der Transformatoraufwand durch den angewendeten Kunstgriff wesentlich herabgesetzt. Er bedingt jedoch, daß es zwei benachbarte feste Schalt-

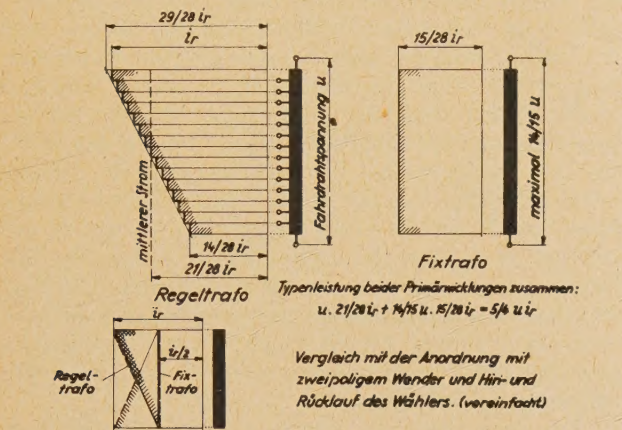


Abb. 3. Hochspannungssteuerung. Strombelastung der Transformator-Primärwicklungen

stücke am Wähler gibt, zwischen denen fast die volle Fahrdrahtspannung liegt. Man sieht das aus dem Bild. Für die Wahl der Abstände zwischen den Schaltstücken des Stufenschalters sind die atmosphärischen Überspan-

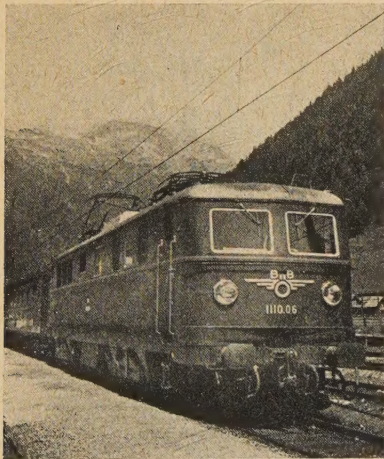


Abb. 4. Lokomotive 1110.06

nungen sehr maßgebend. Wenn solche eintreten, dann können auch die Spannungen zwischen zwei benachbarten Transformatoranzapfungen an die volle Überspannung heranreichen. Wenn man den Kunstgriff nicht anwendet, kann also der Stufenschalter auch nicht wesentlich platzsparender gebaut werden. Wegen der kleinen Stromstärke kann man die festen und die beweglichen Schaltstücke des Stufenschalters schmal ausführen, so daß bei verhältnismäßig großen Ölstricken der Stufenschalter klein bleibt.

Die Abb. 3 zeigt die Strombelastung der Transformator-Primärwicklungen. Es sind 29 Fahrstufen vorgesehen. Die Typenleistung beider Primärwicklungen zusammen ist nur um 25% größer als die den Motoren zugeführte Leistung. Da die Typenleistung der beiden Sekundärwicklungen der Motorleistung entspricht, kann

man etwa sagen, daß der Transformator-Mehraufwand, bedingt durch das Steuern auf der Hochspannungsseite, nur etwa 12,5% ist. Das ist sehr günstig. Ungünstiger ist schon die Anordnung ohne den Kunstgriff. Man sieht das im unteren Teil der Abb. 3.

In dankenswerter Weise gestatteten die Österreichischen Bundesbahnen unserer Firma eine Probeausführung in eine Lokomotive der Reihe 1110 einzubauen, es wurde die 1110.06.

Abb. 4 zeigt diese Lokomotive. Die Achsanordnung ist Co-Co, das Gewicht beträgt 108 t, die Höchstgeschwindigkeit 110 km/h, die Stundenleistung 5 400 PS. Der Antrieb ist der BBC-Federantrieb. Die Zahl der Fahrstufen ist 28. In diesen Punkten ist kein Unterschied gegenüber den anderen Maschinen der Reihe 1110. Im Vergleich mit Schützensteuerung brauchen die Schaltwerkssteuerungen, also auch die Hochspannungssteuerungen, weit mehr Zeit, um von der höchsten Fahrstufe auf Null zu gelangen, was ein gewisser betrieblicher Nachteil ist. Man wollte ihn möglichst mildern und erzielte auch tatsächlich Fortschritte. Abb. 5 erläutert

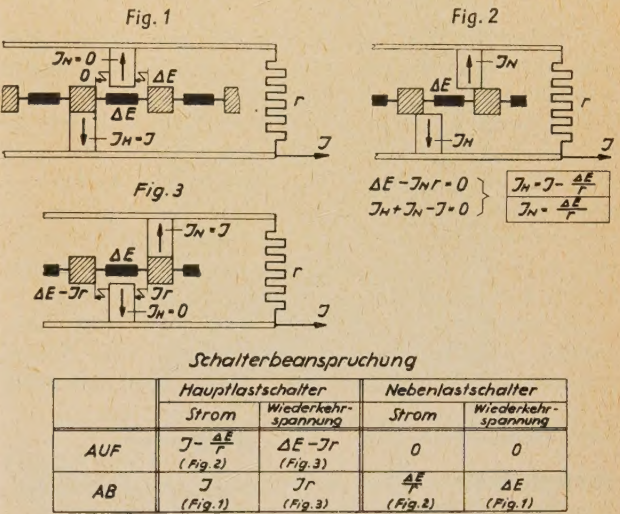


Abb. 5. Zellenschalterprinzip

das bekannte Prinzip, wie man, ähnlich wie bei einem Zellenschalter, von einem Transformator verschiedene Spannungen abgreift, ohne die Leistungsabgabe zu unterbrechen. Ein Überschaltwiderstand vermeidet den Kurzschluß zweier benachbarter Transformatoranzapfungen. Man bedient sich einer Haupt- und einer Hilfsbürste. Die Abbildung zeigt charakteristische Bürstenstellungen. Dieses „Zellenschalterprinzip“ wird auch bei der besprochenen Hochspannungssteuerung angewendet. Natürlich vermeidet man Lastschaltungen an den Bürsten selbst, man bedient sich daher je eines besonderen Lastschalters für Haupt- und Nebenbürste. Er muß gelöscht haben, bevor die betreffende Bürste vom festen Schaltstück des Stufenschalters abgleitet. Bei idealer Funktion vergeht von Beginn des Öffnens bis zur Löschung des Lichtbogens maximal 1 Halbwelle, bei 16 2/3 Hz also 0,03 s. Mit Reserve muß man 0,045 s rechnen. Damit die zur Lichtbogenlöschung verfügbare Zeit möglichst groß wird, sollte der Hauptlastschalter möglichst früh öffnen, der Nebelastschalter möglichst spät schließen. Beide Schalter dürfen aber nie gleichzeitig offen sein, damit nicht die ganze Traktionsleistung unterbrochen wird. Ideal ist es also, wenn Haupt-

und Nebenlastschalter nur einen Moment gleichzeitig geschlossen sind. Bei den bisher üblichen getrennten Antrieben für die beiden Schalter war das nicht zu verwirklichen. Bei Abnutzung der Schaltstücke würden nämlich eine Zeitlang beide Schalter zugleich offen sein, was nicht sein darf.

Abb. 6 zeigt die Verhältnisse bei getrennt angetriebenen Lastschaltern. Es sind die Zeit-Weg-Linien aufgezeichnet. Abnutzung der Schaltstücke vergrößert

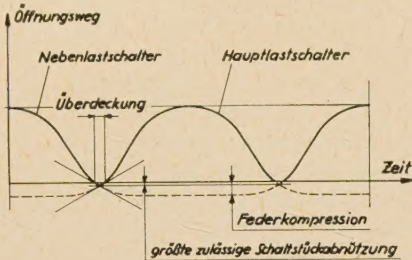


Abb. 6. Zeitlicher Verlauf der Öffnungswege bei getrennt angetriebenen Lastschaltern

die Öffnungswege. Sie sind dann von einer tiefer liegenden Zeitachse zu messen. Man sieht: bei neuen Schaltstücken müssen beide Schalter eine gewisse Überdeckungszeit hindurch gleichzeitig zu sein, damit sie bei Schaltstückabnutzung nicht gleichzeitig offen sind. Je flacher die Zeit-Weg-Linien im Zeitpunkt des Öffnens und Schließens sind, desto kleiner wird die größte zulässige Schaltstückabnutzung. D. h. man muß die Schaltstücke praktisch mit ziemlicher Geschwindigkeit auf treffen lassen, was das Kontaktprellen begünstigt.

Es wurde ein gemeinsamer Antrieb für beide Lastschalter gefunden, welcher unabhängig vom Abnutzungszustand sichert, daß beide Lastschalter nur einen

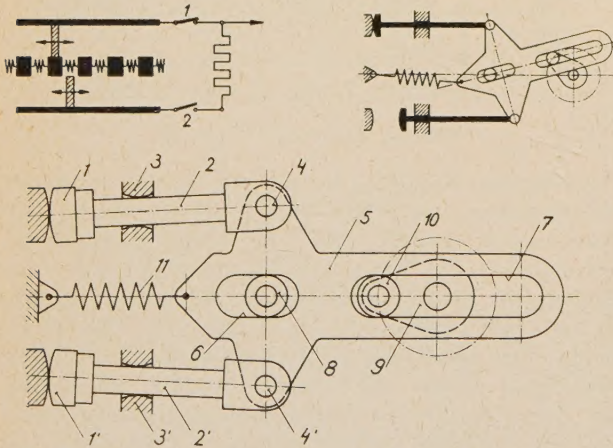


Abb. 7. Hochspannungssteuerung. Gemeinsamer Lastschalterantrieb

Augenblick gleichzeitig geschlossen sind, was genügt. Damit gelang es, die Steuerung schneller laufen zu lassen. Bei künftigen Ausführungen wird man vermutlich weitere Fortschritte in diesem Sinn machen können.

Abb. 7 zeigt den gemeinsamen Lastschalterantrieb im Augenblick, da beide Schalter zu sind. Die Stößel 2, 2', welche die beweglichen Schaltstücke 1, 1' tragen und durch die Führungen 3, 3' laufen, sind mittels Bolzen 4, 4' an ein Dreieckstück 5 angelenkt, welches in Stößelrichtung verlaufende Schlitze 6, 7 hat; in diese

greift eine Rolle 8 ein, die sich um einen stillstehenden Zapfen drehen kann und eine weitere Rolle 10 auf dem Kurbelzapfen einer umlaufenden Kurbel 9. In Schlitzrichtung greift eine Feder 11 am Dreieckstück an. Sie erzeugt den Kontaktdruck. Wie die Sache wirkt, erkennt man gut aus der Nebenfigur. Man erkennt, daß die beiden Schalter nie gleichzeitig offen sein können. Weiters ist einleuchtend, daß der Wechsel „offen — zu“ bei beiden Schaltern stets bei der gleichen Kurbelstellung eintritt, wenn die Abnutzung an beiden Schaltern gleich ist. Bei ungleicher Abnutzung wird die verfügbare Löszeit des einen Schalters größer, die des anderen kleiner, beides aber nur nach Maßgabe der Abnutzungs-Differenz, und die ist unbedeutend. Der tatsächliche Antrieb ist ein wenig modifiziert. So wie er gezeichnet ist, wären die Auftreffgeschwindigkeiten der Schaltstücke zu groß, sie würden stark prellen. Die Verschiebung des Verhältnisses, nur entsprechend der Abnutzungs-Differenz, erlaubt Feinheiten des Bewegungsgesetzes: kleine Auftreffgeschwindigkeit, aber hohe Beschleunigung des Öffnens.

Ein schon bekanntes Mittel, um bei gegebener verfügbarer Löszeit und auch sonst gleichen Umständen die Zeit für das Nehmen einer Stufe zu kürzen, mußte

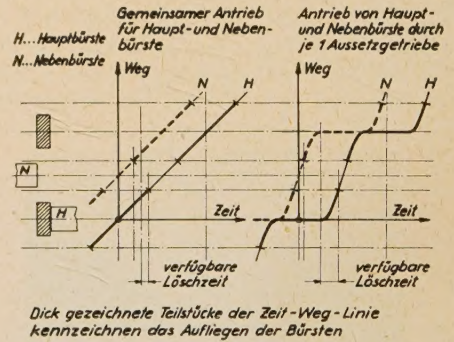


Abb. 8. Bewegungsablauf von Haupt- und Nebenbürste

auch hier angewendet werden. Es besteht darin, die Haupt- und die Nebenbürste nicht gemeinsam zu verschieben, sondern abwechselnd.

Abb. 8 zeigt anschaulich den Vorteil aussetzend bewegter Bürsten. Die Zeiten, während welcher beide Bürsten gleichzeitig aufliegen, sind beträchtlich verlängert, damit auch die verfügbaren Löszeiten. Wenn die Bürsten aussetzend bewegt werden, muß man jeder eine eigene Bahn zuweisen, damit sie nicht kollidieren. Es wurden nicht zwei konzentrische Kreise gewählt, sondern zwei in einer Ebene nebeneinanderliegende Kreise. Man braucht dann statt jedes Festschaltstückes deren zwei, die elektrisch verbunden sind. Die Konstruktion ist wohl etwas verschwenderisch, aber übersichtlich. Man muß also Haupt- und Nebenbürste über je ein Aussetzgetriebe bewegen. Es wurden nicht die bekannten Maltesergetriebe gewählt, sondern andere Aussetzgetriebe, welche den räumlichen Verhältnissen weit besser entsprachen, indem getriebene und treibende Welle einander kreuzen.

Abb. 9 zeigt schematisch ein derartiges Aussetzgetriebe. Es arbeitet mit einem genuteten Zylinder auf der treibenden Welle und mit einer mit Rollen besetzten Scheibe auf der getriebenen Welle. Die Rollen greifen in die Nut des Zylinders ein. Die Nutachse be-

steht aus zwei Viertel-Parallelkreisen des Zylinders, die durch einen halben ebenen schrägen Spalt des Zylinders miteinander verbunden sind. Die getriebene Welle dreht sich dann zeitlich sinusförmig.

Wähler und Wender sind, wie schon gesagt, unter Öl, jedoch nicht im Öl des Transformatorkessels selbst,

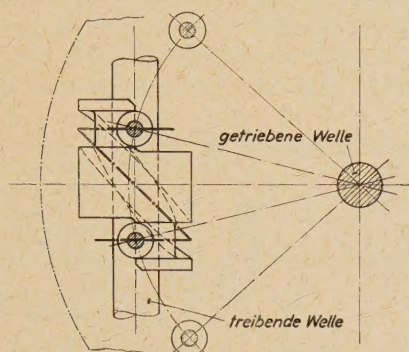


Abb. 9. Aussetzgetriebe

sondern in einem Anbau desselben. Sein Ölinhalt kommuniziert durch eine abspernbare Rohrleitung mit dem Öl des Transformatorkessels.

Abb. 10 zeigt das Innere des Ölkastens für Wähler und Wender. Man sieht den Hauptbürsten-Stufenschalter unten, darüber den Nebenbürsten-Stufenschalter. Die Festschaltstücke sitzen auf einer großen Hartpapierplatte, die die Scheidewand zum Transformatorkessel ist. Die Bürsten werden durch Doppelfinger gebildet, die durch eine Feder von zwei Seiten gegen das Festschaltstück und zugleich gegen den Sammelring gedrückt werden. Diese Kontakte sind kurzschlußfest infolge der Kontaktkraftvermehrung durch die elektrodynamisch einander anziehenden parallelen Finger. Das gleiche Element ist beim Wender benützt. Er ist in der Abb. 10 vorn zu sehen. Er muß sich gleichzeitig mit der Nebenbürste bewegen, aber nur ein einziges Mal beim Durchlaufen des ganzen Regelbereiches.

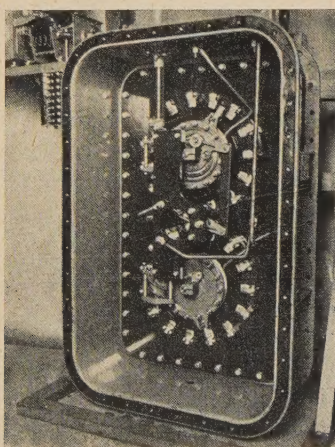


Abb. 10. Hochspannungssteuerung. Wähler und Wender

Der Wender wird daher von einer Kurvennut aus verstellt, die in den drehbaren Teil des Nebenbürstensystems eingefräst ist. Man sieht diese Nut im Bilde; sie führt von einem Kreis steil in einen konzentrischen über. Im Bild sind auch der Nutzylinder des einen und

die Rollen der beiden Aussetzgetriebe sichtbar; auch die Isolierwelle, die den einen Nutzylinder antreibt. Ihre Fortsetzung nach unten führt zum zweiten Nutzylinder.

Abb. 11 zeigt, wie das Lastschalterpaar von den Durchführungsisolatoren, die auf dem Wähler-Wender-Ölkasten sitzen, getragen wird. Die von den Wähler-Bürsten abgenommenen Ströme gehen mittels der Durchführungen zu den Lastschaltern. Man sieht die das Lastschalterpaar antreibende Isolierwelle. Sie ist die Fortsetzung der Antriebs- und Verbindungswellen der Nutzylinder der Aussetzgetriebe.

Die Lastschalter aller Hochspannungssteuerungen müssen beim zügigen Abwärtsschalten in kurzen Zeitintervallen, hier 0,4 s, viele Male, hier maximal 28mal, Leistung schalten, eine harte Beanspruchung. In der Tabelle von Abb. 5 ist die Beanspruchung der Lastschalter angegeben, u. zw. ist verzeichnet der Strom

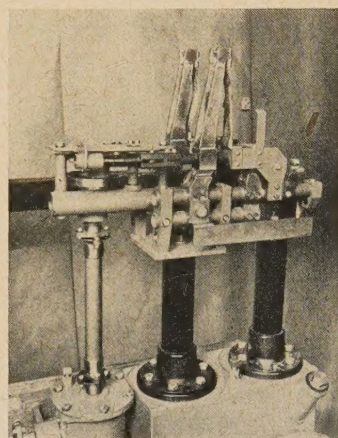


Abb. 11. Hochspannungssteuerung. Lastschalterpaar

vor Öffnen des Schalters und die betriebsfrequent einschwingende Spannung an dem geöffneten Schalter. Man sieht, daß der Hauptlastschalter sowohl beim Aufwärts- wie beim Abwärtsschalten eine von der Belastung abhängige Schaltleistung zu erbringen hat. Der Nebenlastschalter dagegen hat beim Aufwärtsschalten keine Schaltleistung, beim Abwärtsschalten ist sie belastungsunabhängig.

Ob ein Wechselstromschalter nach dem natürlichen Strom-Nulldurchgang wiederzündet oder nicht, hängt einerseits von der Spannung ab, die zwischen den Schaltstücken entsteht, wenn der Strom unterbrochen bleiben soll. Diese Spannung kommt dadurch zustande, daß die Selbstinduktionsspannungen, die im Strom-Nulldurchgang bei eingeschwungenem Zustand am größten sind, beim anschließenden Zustand $i = 0 = \text{konstant}$, plötzlich wegfallen; es wird ja $di/dt = 0$. Durch Ladungerscheinungen treten die Spannungen zwischen den Schaltstücken nicht sofort auf, aber doch ungemein schnell, u. zw. hochfrequent schwingend. Je nach dem Verhältnis der schnell auftretenden zur betriebsfrequent auftretenden Wiederkehrspannung spricht man von einer mehr ohmschen oder mehr induktiven Beanspruchung des Schalters. Überlegungen und Rechnungen ergaben, daß die Lastschalter trotz der hohen Induktivität der Fahrmotorfelder nur schwach induktiv beansprucht sind. Aus dem Wunsch, noch vor Inbetrieb-

setzung der Lokomotive Gewißheit zu haben, wurde noch während der Montage die Lokomotive mit $\frac{1}{10}$ der Fahrdrachtspannung gespeist und mittels eines Regelwiderstandes im Fahrmotorkreis $\frac{1}{10}$ der wirk-

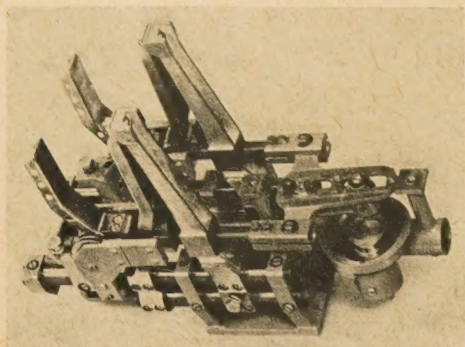


Abb. 12. Hochspannungssteuerung. Antrieb des Lastschalterpaares

lichen Stromstärken eingestellt. Der Spannungsabfall im Regelwiderstand ersetzte die Drehungs-EMK der Motoranker im Betrieb, denn während des Schaltvorganges bleibt die Motordrehzahl praktisch konstant. Man kam dabei mit $\frac{1}{100}$ der wirklichen Lokomotivleistung aus. In diesem Zustand wurde beim Schalten oszillographiert. Die erhaltenen Bilder bestätigten die Erwartungen.

Abb. 12 zeigt das Lastschalterpaar mit dem gemeinsamen Antrieb. Die Lichtbogenkammern sind entfernt. Man sieht die beweglichen Schaltstücke mit ihren Antriebsstößeln, den Dreieckskörper mit dem Schlitz, die fest gelagerte und die schwingend gelagerte Rolle, die in den Schlitz eingreifen. Deutlich ist auch die Kurvennutscheibe zu erkennen, durch deren Drehung das Schalterpaar nach einem zweckmäßigen Bewegungsgesetz angetrieben wird.

Die Lastschalter sind so gebaut, daß der Lichtbogen immer erst beim natürlichen Strom-Nulldurchgang er-

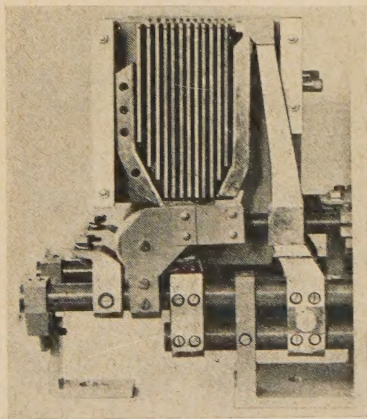


Abb. 13. Hochspannungssteuerung. Lastschalter mit geöffneter Lichtbogenkammer

lischt. Das wird am sichersten durch Hintereinanderschalten von vielen kurzen Teillichtbögen erreicht und wird durch Anwendung der bekannten De-Ion-Bleche verwirklicht.

Abb. 13 zeigt einen der Lastschalter mit aufgesetzter Lichtbogenkammer, von der aber eine Wand entfernt

wurde. Man sieht die Gruppe der De-Ion-Bleche. Der zwischen den Schaltstücken gezogene Lichtbogen ist in einem sehr starken Blasfeld (Blaspule und Polbleche sind zu erkennen), so daß er schon bei kleiner Länge von den Schaltstücken auf die beiden feststehenden Hörner fortgeblasen wird und in die Gruppe der De-Ion-Bleche eintritt. Es ist die Kunst, den Bogen rasch und gleichmäßig in sämtliche Löschspalten zu bringen. Weiter ist es wichtig, daß der Bogen auf den Blechen rasch läuft. Dann verfestigt sich die Lösch-

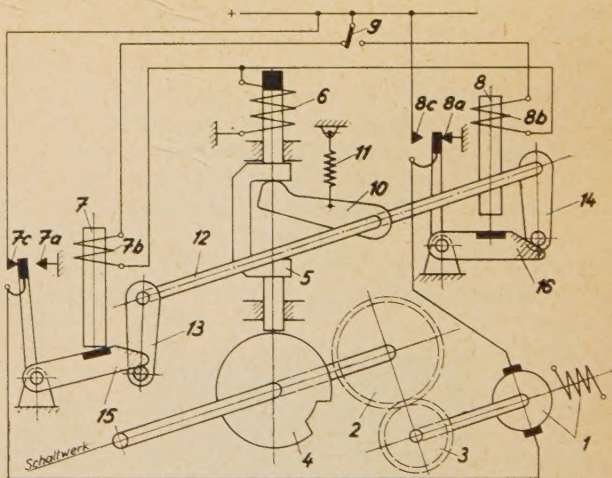
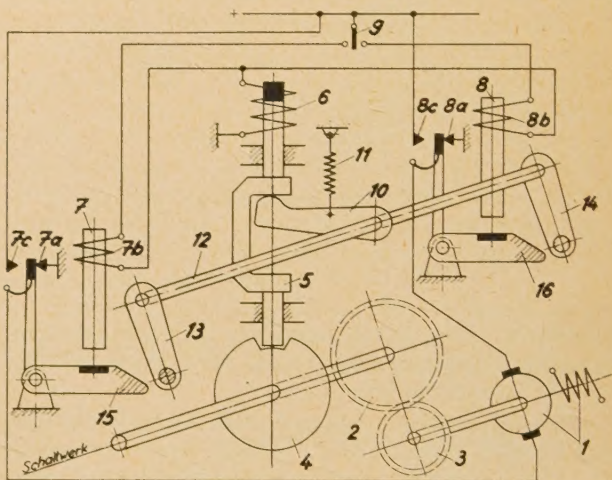


Abb. 14. Hochspannungssteuerung, Fernsteuerung des Schaltwerks

strecke schnell und die Bleche werden nicht örtlich stark angegriffen. Schließlich soll der Bogen in Kammermitte bleiben, damit ihre Wände geschont werden. Diese Forderungen zu erfüllen, erforderte zahlreiche Versuche. Dabei entstanden z. B. Löschbleche, die in sinnreicher Weise aus Eisen und Kupfer zusammengesetzt sind. Eisen wird durch seine magnetische Wirkung zum Zentrieren des Bogens herangezogen, dagegen ist Kupfer für das rasche Laufen des Bogens und die Verfestigung der Löschstrecke günstiger. Aus der Abb. 17 ist zu ersehen, wie klein das Lastschalterpaar für eine Lokomotive von 5 400 PS Einstundenleistung ist! Weil bei diesen Lastschaltern die Lichtbogenspannung klein ist, löschen sie weich und geräuschlos. Das aus der Wender-Wähler-Gruppe und

den Lastschaltern bestehende Schaltwerk wird von einem Gleichstrom-Nebenschlußmotor angetrieben. Wie bei den anderen Maschinen der Reihe 1110 wird dieser Servomotor vom Steuerstromumformer und der Steuerbatterie gespeist. Es wurde ein verhältnismäßig langsamlaufender Motor mit langgestrecktem Anker gewählt, dessen Feld ständig erregt ist. Unter diesen Umständen ist nach Abschalten und Kurzschließen des Ankers der Auslauf des Schaltwerkes sehr klein.

Die Lokomotivreihe 1110 hat eine Nachlaufsteuerung für das Schaltwerk. Seine Stellung wird mechanisch mittels einer Welle zu den Führerständen übertragen. Diese Rückmeldewelle dient zugleich dazu, das Schaltwerk von Hand aus zu betätigen, wenn die Nachlaufsteuerung gestört sein sollte. Führertischeinrichtung und Rückmeldewelle in der Normalausführung konnten bei der Probeausführung dieser Hochspannungssteuerung verwendet werden.

Abb. 14 zeigt schematisch, wie die Fernsteuerung des Schaltwerkes bei der Probeausführung eingerichtet ist. Die obere Hälfte bezieht sich auf den Stillstand, die untere auf die Bewegung des Schaltwerkes. Man sieht den fremderregten Motor 1, der über Zahnräder 2, 3 und Rutschkupplung das Schaltwerk und auch die Riegelscheibe 4 antreibt. Der Anker von 1 ist über die Ruhekontakte 7a, 8a zweier Relais kurzgeschlossen, wenn beide abgefallen sind. Je nachdem, ob das eine oder andere der beiden Relais angehoben ist, läuft der Servomotor 1 in der einen oder anderen Drehrichtung. Im Umschalter 9 hat man sich den Impulsgeber in einem der Führertische vorzustellen. Der Umschalter ist in Mittelstellung, wenn die vom Lokomotivführer auf dem Fahrhandrad eingestellte Fahrstufe mit der tatsächlichen des Schaltwerkes übereinstimmt; der Umschalter ist nach der einen oder der anderen Seite geschlossen, je nachdem, ob das Schaltwerk auf einer höheren oder tieferen Stufe steht, als der Lokomotivführer mit dem Handrad eingestellt hat. Dann ist der eine oder andere Relaisanker 15, 16 angehoben, das Schaltwerk läuft abwärts oder aufwärts. Dazu muß es mechanisch freigegeben sein, d. h., der Riegel 5 muß angehoben sein. Das geschieht mittels der Magnetwicklung 6, die stets in Reihe mit der erregten Relaispule 7b, 8b liegt. Es ist nicht der Kontakteinrichtung im Führertisch überlassen, daß das Schaltwerk präzise in seine einzelnen Fahrstellungen gelangt, das wird von ihm selbst besorgt. Das geschieht dadurch, daß das Relais, welches angezogen hat, durch eine Klinke 13 bzw. 14 mechanisch gehalten wird, auch wenn die Speisung vom Führertisch her bereits unterbrochen ist. Dann ist auch der Rieglmagnet stromlos, und der Riegel fällt bei Annäherung an die befohlene Fahrstufe in den Ausschnitt der Riegelscheibe ein. Er löst dabei über Hebel 10 und Welle 12 die Verklüpfung des Relais, das angehoben war. Es fällt und unterbricht die Speisung des Servomotor-Ankers und schließt ihn kurz. Er läuft nur so wenig nach, daß der Riegel in der Regel nicht als Anschlag zur Wirkung kommt. Für Fälle, wo das dennoch geschieht, ist die Rutschkupplung vorgesehen, die den Anker, in welchem ja der größte Teil der Wucht steckt, stoßlos stillsetzt.

Es kann geschehen, daß, während das Schaltwerk einen Schritt macht, vom Führerstand her eine Bewegung im Gegensinn befohlen wird. Es zieht dann das andere Relais an, wodurch die mechanische Ver-

klüpfung des einen Relais gelöst wird und es abfällt. Damit ist der Servomotor umgesteuert.

Man hat es aber vorgezogen, den begonnenen Schaltschritt erst beenden zu lassen. Dazu ist die Zuleitung zu jeder Relaispule über einen Ruhekontakt des anderen Relais geführt. In Anbetracht der großen

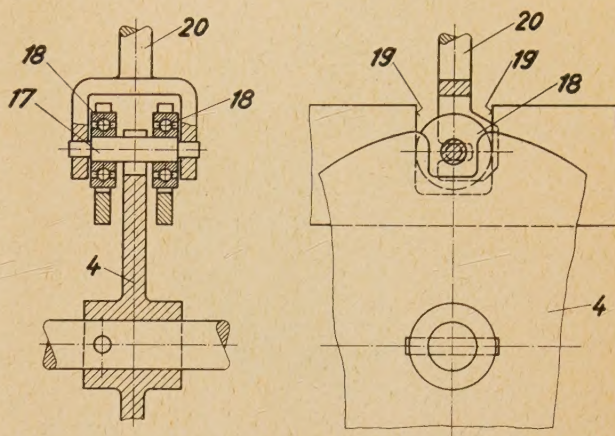


Abb. 15. Hochspannungssteuerung. Riegel und Riegelscheibe

Schalzhäufigkeit ist die Verklüpfung des Relais so ausgeführt, daß nur endlich gekrümmte Flächen einander berühren, wie im Bild zu sehen ist. Die Bolzen dort stecken in je zwei Kugellagern. Dadurch ist Abnutzung durch Gleiten vermieden.

Abb. 15 zeigt den Riegel und einen Teil der Riegelscheibe 4. Zur Schonung der Steuerkontakte und im

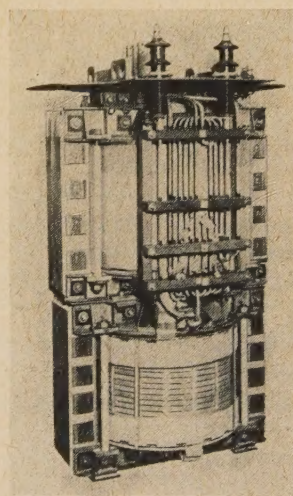


Abb. 16. Lokomotiven-Transformator: Regeltransformator RET x P 12500/20 + Zusatztransformator RET x 8000/20

Sinn raschen Stillsetzens ist der Rieglmagnet möglichst klein zu halten. Nun muß man aber damit rechnen, daß die Riegelscheibe manchmal mit einer Kraft seitlich auf den Riegel drückt, welche dem Drehmoment der Rutschkupplung entspricht. Man muß also trachten, den Riegel reibungslos herauszuziehen. Dazu ist er als gehärteter runder Bolzen 17 ausgeführt, der in zwei seitlichen Kugellagern 18 steckt und vom Rieglmagnetstößel 20 mitgenommen wird. Ihre Außenlaufringe rol-

len auf ebenen gehärteten Flächen 19 ab. Auch hier berühren einander stets nur Flächen endlicher Krümmung. Die geschilderte Nachlaufsteuerung kommt mit sehr wenig Steuerkontakten aus. Man könnte natür-

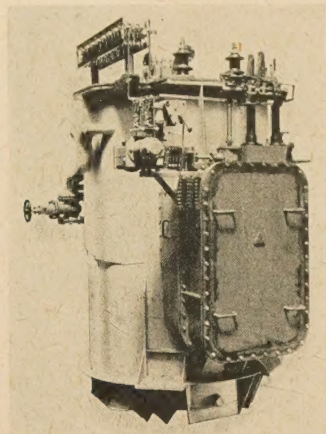


Abb. 17. Lokomotiven-Transformator mit angebauter Hochspannungssteuerung

lich statt der Nachlaufsteuerung eine einfache Auf-Ab-Steuerung ausführen. Die behelfsweise Handbetätigung des Schaltwerkes geht sehr leicht.

Die normale Einrichtung der Lokomotivreihe 1110, durch welche nach längerem Verharren des Schaltwerkes in Zwischenstellungen der Hauptschalter gelöst wird, ist auch hier vorhanden.

Die beiden Teiltransformatoren, aus dem Kessel gehoben, sind in Abb. 16 zu sehen, oben Regeltransformator, unten Fixtransformator. Man sieht auf Abb. 17 den Transformator mit angebaudem Schaltwerk und dem Überschaltwiderstand. Man erkennt den Wender-Wähler-Ölkasten, die Durchführungen, die das Lastschalterpaar tragen, weiters die Isolierwelle für den Lastschalterantrieb, Servomotor samt Relais und die Hilfsschalter.

Man sieht in Abb. 18 einen Teil des Maschinenraumes der Lokomotive mit dem Servomotor und dessen Relais, ferner den Schutzkasten für den Kettentrieb, welcher das Schaltwerk mit der Rückmeldewelle verbindet. Auch diese ist zu sehen.

Die Lokomotive 1110.06 steht seit April 1958 in Betrieb und legt im Monat rund 20 000 km zurück. Die neue Hochspannungssteuerung hat sich auch schon in der vorliegenden Probeausführung voll bewährt. Die Lastschalter, die naturgemäß dem größten Verschleiß ausgesetzt sind, ergaben Laufstrecken von etwa 150 000 km für die Schaltstücke, etwa 200 000 km für die Löschbleche bis zum ersten teilweisen Ersatz und etwa das Doppelte für die Funkenkammern, soweit sie wegen Abnutzung zu ersetzen waren. Wie die wenigen erwünschten Verbesserungen bei künftigen Ausführungen durchzuführen sind, ist geklärt.

Bei der Probeausführung der Steuerung sind alle Stufensprünge der Fahrmotorspannung im Leerlauf untereinander gleich. Dies ermöglichte, dem Stufenschalter nur 15 Festschaltstücke bei 29 Fahrstufen zu geben; er wird für den ganzen Spannungsbereich zweimal durchlaufen. Die gleichmäßige Spannungsstufung hat einen betrieblichen Nachteil, der allerdings durch

große Streuung der Transformatoren gemildert wird. Um nämlich beim Anfahren die Haftreibung zwischen Rad und Schiene möglichst auszunützen, muß man die Höhe der Spannungsstufen in einem gewissen Bereich kleiner ausführen als darüber und darunter. Das geht auch bei unserer Hochspannungssteuerung, nur muß man bei n Fahrstufen auch n Stufenschalterkontakte und $n-3$ Transformatoranzapfungen anwenden. Es bleibt noch immer der Vorteil, daß der Strom in Wähler- und Lastschaltern nur halb so groß bleibt.

Abb. 19 zeigt schematisch die Anordnung für freizügige Stufung. Es wurden bereits ein Wähler und Wender entwickelt, die das Prinzip verwirklichen. Haupt- und Nebenbürste berühren dabei gemeinsame Festschaltstücke. Damit ist ihre Zahl nicht größer als bei der Probeausführung. Die Rollenscheiben der Aus-

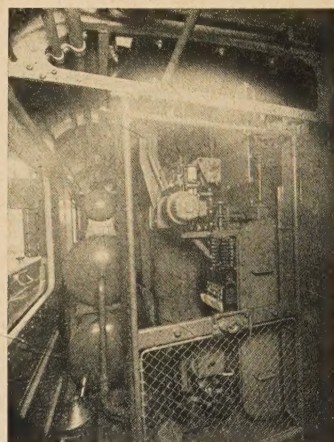


Abb. 18. Hochspannungssteuerung, eingebaut in Lokomotive 1110.06

setzgetriebe sind coaxial und stehen einander gegenüber und greifen in ein und dieselbe Nuttrommel ein. So wurde die Anordnung gegenüber der Probeausführung sogar vereinfacht.

Bei den bestellten Hochleistungslokomotiven Reihe 1042 der ÖBB ist eine Hochspannungssteuerung vorge-

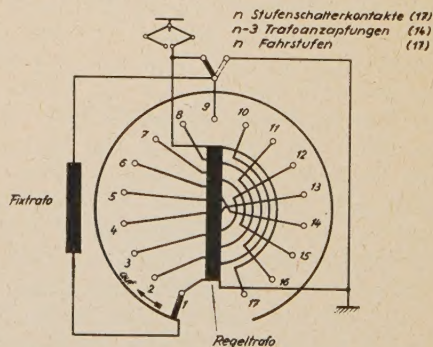


Abb. 19. Hochspannungssteuerung. Regel- und Fixtransformator-Primärwicklungen und Stufenschalter bei frei wählbaren Spannungsstufen

sehen, die nur in kleinen Einzelheiten von der vorstehend beschriebenen abweicht. Diese ist natürlich auch für Lokomotiven für 50 Hz ausführbar, wobei ein weit schnelleres Durchschalten möglich ist. Die Anpassung an Betrieb mit Stromrückgewinnung ist nicht schwer.

Das Projekt für ein Hochleistungs-Versuchsfeld in Wien
(Wirtschaftliche Bedeutung und technische Einzelheiten)

Von L. BAUER, Wien

DK 621.317.2.006.25 : 061.64(436.14).055.1

- 1) Die Elektrotechnische Versuchsanstalt in Wien (ETVA) der Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal hat im Jahre 1955 ihre ersten elektrotechnischen Versuchseinrichtungen in Betrieb genommen; seither wurden zahlreiche Erweiterungen durchgeführt, und das zunehmende Interesse der österreichischen Elektro-
- 2) Da ein Hochleistungs-Versuchsfeld in Österreich fehlt, können einerseits die Elektrizitätserzeugungsunternehmen ihre Betriebsmittel, insbesondere die in ihren Netzen in Gebrauch stehenden Leistungsschalter, nicht überprüfen und neu gelieferte im Inland nicht kontrollieren, sondern müssen die Abnahmen im Aus-

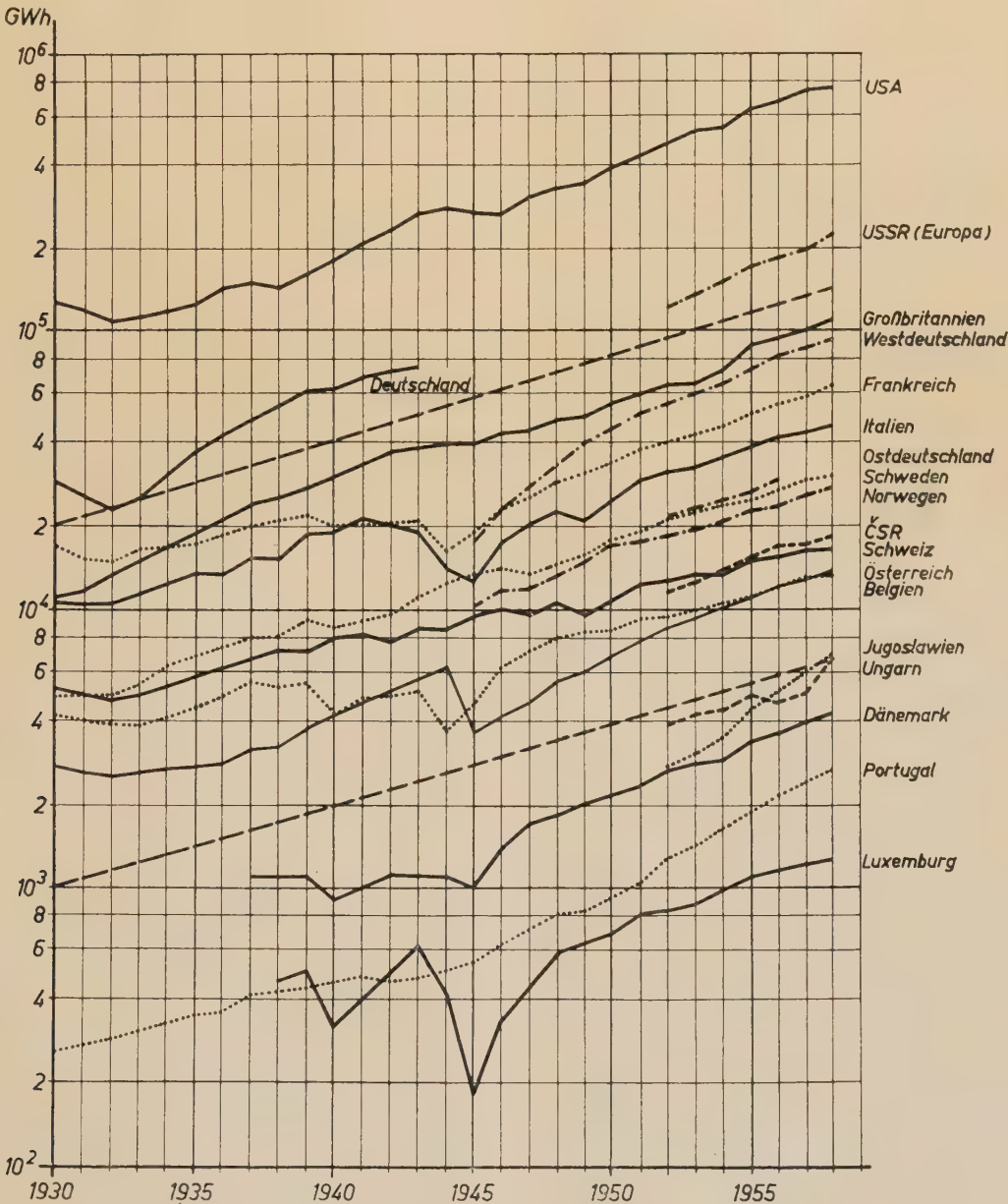


Abb. 1. Stromerzeugung in Österreich und im Ausland [5]
----- Trend der Verdoppelung in 10 Jahren

wirtschaft zeigt sich in einem ständig steigenden Auftragsstand [1], [2]. Das bisher Geschaffene bedarf jedoch der Ergänzung durch den noch nicht verwirklichten Teil des Ausbauprogrammes; vor allem ist jedoch, wie anschließend begründet wird, die Errichtung eines Hochleistungs-Prüffeldes unbedingte Notwendigkeit.

land durchführen. Andererseits ist die österreichische Elektroindustrie gegenüber ihrer Konkurrenz stark benachteiligt: Die Prüfung ihrer Erzeugnisse für große Leistungen und hohe Beanspruchungen ist nicht möglich und die Entwicklung moderner Konstruktionen bzw. die Verwendung neuer Werkstoffe ist erschwert

und kann in vielen Fällen nur unter Heranziehung ausländischer Prüffelder und Anstalten erfolgen.

3) Die Fortschritte der Elektrotechnik sind auch in der sonst an gigantische Erfolge gewöhnten Welt der Technik beispiellos; sie sind nur möglich, weil infolge des ununterbrochen anwachsenden Bedarfes an elektrischer Energie — die Anwendung dieser Form von Nutzenergie steigt viel stärker als jene irgendeiner anderen Energieart [3] — ein echtes technisches und wirtschaftliches Bedürfnis hierfür vorhanden ist, und

Statistik (insbesondere letztere im Sinne des Satzes: „Ursache und Wirkungen können nicht durch Schlüsse a priori, sondern müssen durch Erfahrung entdeckt werden“) [4] die Aufgabe, den Naturwissenschaftlern schnell und unter möglichstster Verhinderung von Fehlleistungen weiterzuhelfen.

4) Abb. 1 zeigt für die letzten 3 Jahrzehnte das Anwachsen der jährlichen Stromerzeugung in Europa, im europäischen Teil der UdSSR und in den USA; der Anstieg des Bedarfes an elektrischer Energie folgt etwa

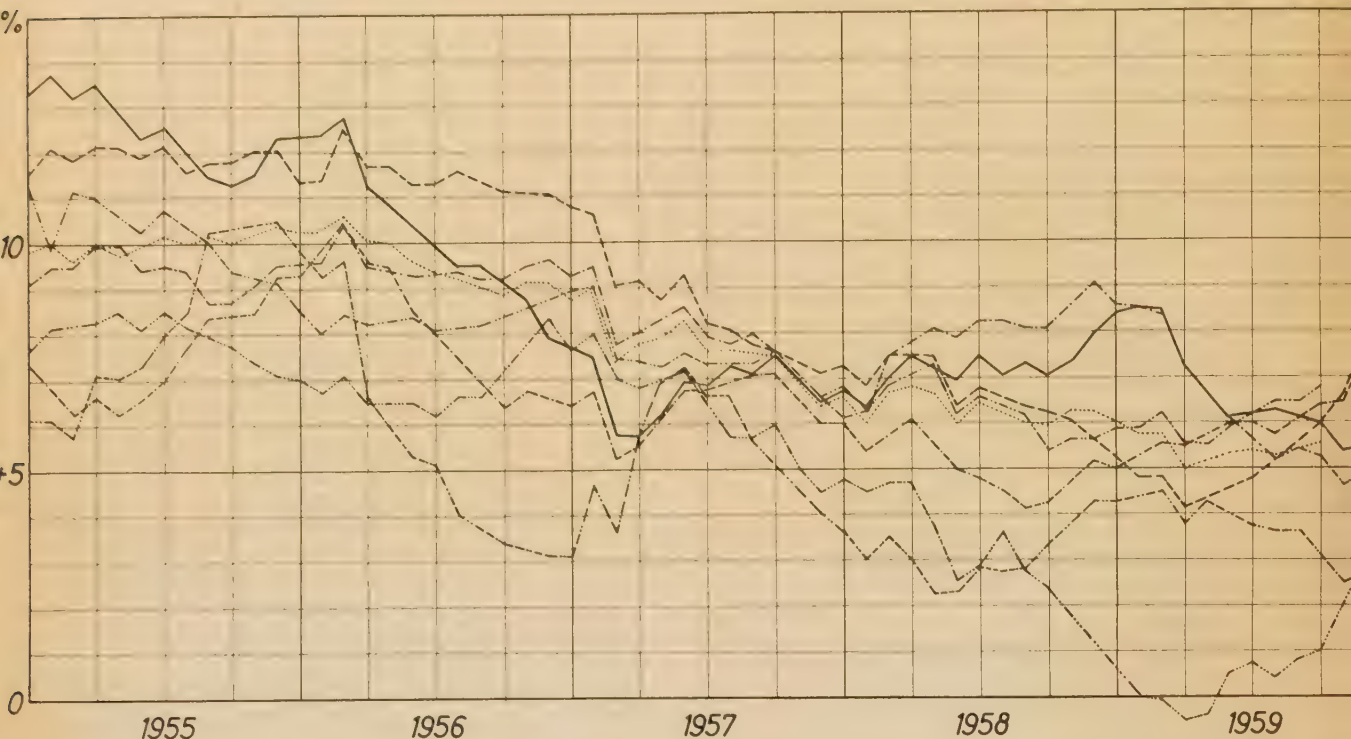


Abb. 2. Prozentualer Zuwachs des 12-Monate-Trends des monatlichen Stromverbrauches [6]

..... Belgien	— — — — — Niederlande
— — — — — Bundesrepublik Deutschland	— — — — — Österreich
— — — — — Frankreich	— — — — — Schweiz
— · — · — Italien Summe der UCPTE-Länder

weil vor allem ein ausgezeichnetes Zusammenarbeiten von Forscher, Berechner, Konstrukteur und Versuchsingenieur in rastloser Tätigkeit die immer schwieriger werdenden Probleme und Aufgaben löst. Die moderne Elektrotechnik findet nicht mehr die Zeit, ihre auf Grund von wissenschaftlichen Erkenntnissen vorausbe-rechneten Konstruktionen im praktischen Einsatz sich bewähren zu lassen; durch den Versuch müssen die einer bestimmten technischen Lösung zugrunde gelegten Annahmen überprüft und, wenn nötig, korrigiert werden, um neue Ausgangswerte für den Mathematiker (Rechenmaschine), Physiker und Konstrukteur zu ermitteln.

Die Arbeit des Ingenieurs in der Elektrowirtschaft und in der Elektroindustrie hat sich demnach grundlegend geändert; es ist oft nicht mehr möglich, viele Fragen nur mittels einer systematischen theoretischen Ausbildung und in der Praxis geschulten Könnens zu beurteilen. In den immer häufiger werdenden Gegenüberstellungen des Ingenieurs mit Problemen in Grenzgebieten des bekannten Wissens und an den Ausgangsbasen neuer Entwicklungen haben der Versuch und die

dem Gesetz der Verdoppelung in 10 Jahren. Die geographischen Gegebenheiten und die fast gleichartige wirtschaftliche Entwicklung in den Ländern des europäischen Schicksalsraumes (Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande — also in den 6 EWG-Ländern — und in der Schweiz und in Österreich — 2 Länder des EFTA-Blokkes —) haben diese 8 Staaten vor einem Jahrzehnt veranlaßt (Abb. 2 und 3), für eine enge Elektrizitätswirtschaftliche Zusammenarbeit die UCPTE [7] zu gründen; der sich ständig ausweitende, die Wirtschaftlichkeit besonders erhöhende Verbundbetrieb hat dazu geführt, daß ein großer Teil der Versorgungsgebiete dieser 8 Länder (mit 180 Millionen Menschen auf rund 1,3 Millionen km²) immer parallel fährt. Bis zu 42 GW Erzeugungsleistung waren kurzzeitig und rund 30 GW sind fast ununterbrochen auf einer Frequenz zusammengeschaltet; dieser Betrieb in großen Frequenzblöcken bringt vor allem die neuen, schwierigen Aufgaben für die Elektroindustrie. Außer diesem westeuropäischen Verbundnetz, das ein beachtlich hohes Niveau

erreicht hat, gibt es nach dem Stand im Jahre 1956 noch folgende größere Netzverbände [8]:

- USA:
- 1. Central Power Pool 55 GW
(umfaßt die Staaten: Ohio, Westvirginia, Maryland, Westpennsylvania, Kentucky, Virginia, Tennessee, Mississippi, Alabama, Georgia, Florida, North-Carolina, South-Carolina, Indiana, Illinois, Missouri, Iowa, Louisiana, Arkansas, Oklahoma).
 - 2. North-East Power Pool 15 GW
(umfaßt die Staaten: New York, Pennsylvania [Teil], Michigan und einen Teil von Canada).
 - 3. California Power Pool 11 GW
(umfaßt den Staat California und Teile von Nevada, Utah und Arizona).
 - 4. Pennsylvania — New Jersey — Baltimore — Washington-Pool 10 GW
(umfaßt die Staaten: Virginia, Pennsylvania [Teil], New Jersey, Delaware, Maryland).
 - 5. North-West Power Pool 10 GW
(umfaßt die Staaten: Washington, Oregon, Idaho, Montana und Teile von Utah, Nevada und Wyoming).

5) Angesichts dieser die Betriebssicherheit in hohem Maße gewährleistenden und die Wirtschaftlichkeit der Versorgung mit elektrischer Energie sicherstellenden (der Strompreis ist in Österreich seit 1945 nur auf das rund Dreifache gestiegen, während sich im Durchschnitt der Preis für die anderen Produkte auf das Zehnfache erhöhte) Entwicklung der Verbundwirtschaft ist der Elektrizitätswirtschaftler verpflichtet, mit der Elektroindustrie zusammen die Planung des Trägernetzes für die nächste und weitere Zukunft zu koordinieren. Die Darstellung in Abb. 4 zeigt den Ausbau des österreichischen Höchstspannungsnetzes seit 1935 (also in 25 Jahren) sowie den geplanten Zustand im Jahre 1964 und läßt die gewaltigen technischen und wirtschaftlichen Leistungen anschaulich werden, die vollbracht wurden und die weiter gefordert werden. Österreich stellt einen wichtigen Faktor in der europäischen Verbundwirtschaft dar und ist nicht nur auf dem politischen Sektor Mittler zwischen Ost und West, sondern auch in der Versorgung Europas mit elektrischer Energie (Abb. 5). Die österreichische Elektrowirtschaft und

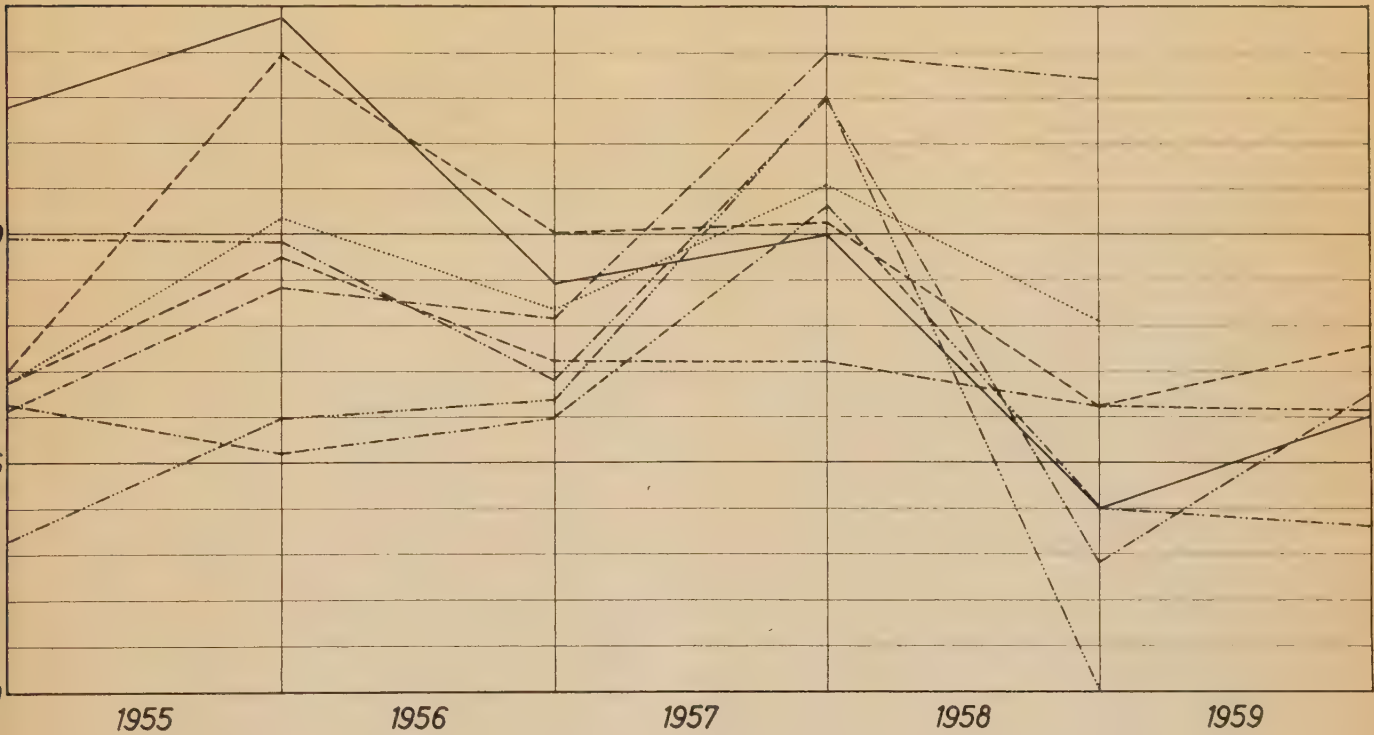


Abb. 3. Prozentualer Zuwachs des Bruttosozialproduktes [6]

-

 Belgien
- Bundesrepublik Deutschland
- .-.-.-.

 Frankreich
- Italien
- Niederlande
- Österreich
- Schweiz
-

 Summe der UCPTE-Länder

Europa:

- 1. Westeuropäisches Verbundnetz
(Stand Ende 1959) 42 GW
(umfaßt die Länder Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande, Nordspanien, Österreich, Schweiz).
- 2. Großbritannien — Verbundnetz 20 GW
(umfaßt England, Wales und Teile von Schottland).
- 3. Schweden 6 GW
(umfaßt Schweden und einen Teil von Dänemark).

Elektroindustrie müssen für die Weiterentwicklung der Elektrizitätswirtschaft einen angemessenen Beitrag leisten, um dieser Vorzugsstellung Österreichs zu entsprechen und nicht ins Hintertreffen zu geraten, selbst gegen ebensolche kleine Staaten wie Belgien, Niederlande, Schweden und Schweiz.

Nach eingehenden Untersuchungen [9] (Kurzschlußberechnungen für das vermaschte deutsche Hochspannungsnetz) ergab sich im Jahre 1948, daß in den Kno-

tenpunkten des Verbundnetzes Schalter mit folgenden Nennausschaltleistungen vorzusehen sind:

4 GVA	110 kV,
6 GVA	220 kV,
8 GVA	380 kV.

Auf Grund neuer Berechnungen und Überlegungen (Schaltung der Transformatoren, Ausbildung der 380-kV-Leitungen, Gestalt des Netzes, Verbindungen mit dem Ausland und technische Fortschritte im Schalterbau) wurden diese Nennausschaltleistungen im Jahre 1952 aber auf

8 GVA	220 kV und
12 GVA	380 kV

erhöht.

Es kann gerechnet werden, daß in absehbarer Zeit Höchstspannungsschalter für einen Ausschaltstrom bis zu 35 kA und somit für Nennausschaltleistungen von

23 GVA	380 kV und von
13 GVA	220 kV

entwickelt werden müssen.

6) Um die gestellten Aufgaben im Sinne der bisherigen Ausführungen zu erfüllen, wurden in der ganzen Welt Hochleistungs-Versuchsanlagen errichtet. In

Europa arbeiten derzeit rund 25 solcher Prüffelder in 11 Ländern; von 23 in 9 Staaten sind die wesentlichsten Daten in Tabelle I zusammengestellt. (Die Angaben über Polen und UdSSR waren leider nicht erhältlich.)

Die für die Versuche erforderliche Leistung wird durch kurze Zeit aus der in den rotierenden Massen von Kurzschlußgeneratoren aufgespeicherten Energie oder aus einem leistungsstarken Hochspannungsnetz entnommen. Der Versuchsablauf wird automatisch gesteuert und im Oszillogramm in allen Einzelheiten festgehalten. Die persönliche Beobachtung des Versuchsverlaufes ergänzt lediglich die Auswertung der Geräteaufzeichnungen. Von den in der Tabelle angeführten Anlagen arbeiten 20 mit Kurzschlußgeneratoren und 3 direkt ans Netz.

Die 20 Anlagen und Generatoren haben insgesamt eine Leistung von rund 40 GVA und besitzen zusammen 38 Generatoren mit Kurzschluß-Einzelleistungen zwischen 150 MVA und 4 GVA. (Die Leistung wird hierbei als Ausschaltleistung nach einigen Halbwellen nach Einleitung des Kurzschlusses bewertet.) Im Mittel beträgt die Kurzschlußleistung der 38 Generatoren rund 1 000 MVA je Maschine, die Kurzschlußleistung der

Tabelle I. Hochleistungsversuchsfelder in Europa [10]

	Baujahr/ Erweiterung	Maximale Prüfleistung in MVA		Maximale Prüfspannung in kV		Bemerkung
		dreiphasig	einphasig	dreiphasig	einphasig	
Belgien:						
1 ACEC, Jeumont	1934	1 900		144	250	
Bundesrepublik Deutschland:						
2 Voigt und Haeffner, Frankfurt/M. . .	1932	800		35	160	
3 AEG, Kassel	1953/1960	2 000		80		
4 Berggew. Versuchsstrecke Dortmund .	1954	350		8,5		
5 Calor-Emag, Ratingen	1954	400		35		
6 Siemens-Schuckert, Berlin	1954	1 500		140	420	
ČSR:						
7 Staatl. Forschungsanstalt f. Starkstrom- elektrot., Prag-Běchovice	1953	3 000	1 500	290	420	
Frankreich:						
8 Merlin & Gerin, Grenoble	1936/1954	1 100	740	80	250	
9 Cerda (Delle-Alsthom) Lyon	1954/1959	2 300	4 000	12	496	
10 EdF, Centre de recherches, Fonteney .	1954	4 000		225	400	Netzbetrieb Netzbetrieb
11 EdF, Centre de recherches, Plessis-Gassot	1960	8 600	4 300	245	245	
Großbritannien:						
12 The British Short-Circuit Testing Sta- tion, Hebburn	1929/34/54	2 500	3 200	275	380	
13 The General Electric Co., Witton, B'ham	1934	1 750	1 100	132	152	
14 Switchgear Testing Co., Manchester .	1934	2 500	3 500	132	323	
15 The English Electric Co., Stafford .	1939/1947	3 000	3 000	400	456	
Italien:						
16 Magrini, Bergamo	1954	600		11	220	
17 Sace, Bergamo	1956	150		35		
18 Cesi, Milano	1958	3 300	3 300	220	220	Netzbetrieb
Niederlande:						
19 Kema, Arnhem	1950/1958	4 300	2 500	150	220	
Schweden:						
20 Asea, Ludvika	1933/1958	3 250	1 200	220	380	
Schweiz:						
21 Brown Boveri & Cie, Baden	1931/1959	4 000		85	255	
22 Masch. Fabrik Oerlikon, Zürich	1954	2 500		190	190	
23 Sprecher & Schuh, Aarau	1954	750	580	13	260	

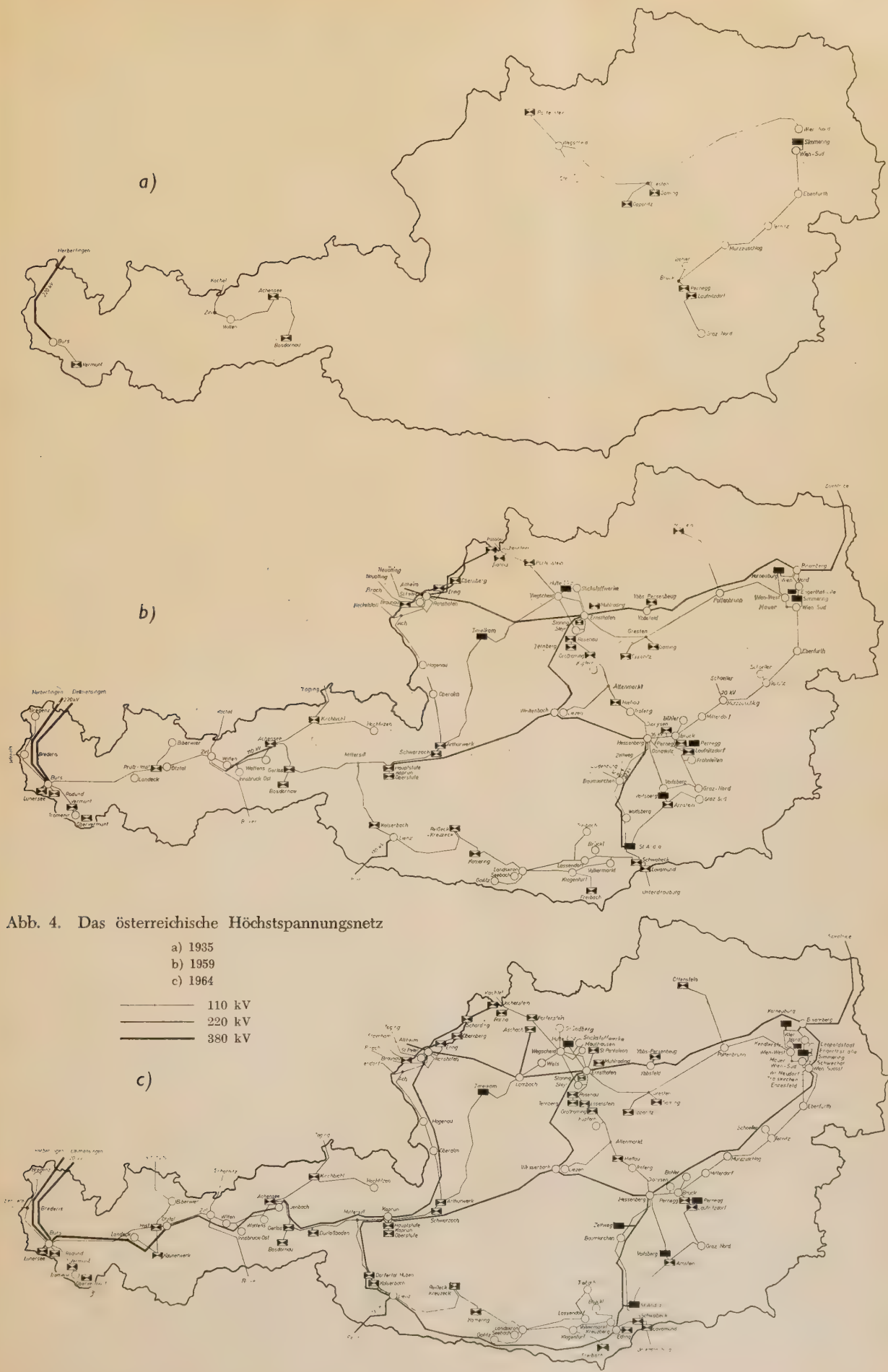


Abb. 4. Das österreichische Höchstspannungsnetz

- a) 1935
- b) 1959
- c) 1964

110 kV
220 kV
380 kV

20 Versuchsanlagen mit Maschinenbetrieb etwa 2 000 MVA je Anlage.

Die 3 Anlagen mit Netzbetrieb besitzen zusammen eine Kurzschlußversuchsleistung von zirka 16 GVA, daher im Mittel 5 300 MVA je Anlage.

Insgesamt haben die 23 Hochleistungsversuchsanlagen lt. Tabelle I eine Gesamtleistung von rund 56 GVA, was einer mittleren Leistung von rund 2 400 MVA je Anlage entspricht. 17 dieser Anlagen gehören Firmen der Elektroindustrie in 7 Ländern, 4 Anlagen Vereinigungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen in 3 Ländern, eine Anlage wird von der Vereinigung von Gruben betrieben und eine Anlage befindet sich in Staatsbesitz.

7) Hochleistungs-Versuchsanlagen, die mit Kurzschlußgeneratoren arbeiten, erfordern höhere Investitionen und längere Bauzeit als Netzanlagen. Im Gegensatz zu diesen sind sie jedoch jederzeit einsatzbereit und brauchen keine Rücksicht zu nehmen auf die jeweiligen Belastungsverhältnisse des Netzes. In den Anlagen mit Maschinen ist die Prüfleistung für direkte Versuche allerdings wirtschaftlich kaum über 3...5 GVA hinaus zu steigern. Doch kann durch Anwendung methodischer Kunstgriffe (wie z.B. bei Leistungsschaltern die einpolige Prüfung, die Prüfung einer Teil-

werden; es sind daher Versuchsreihen zur Ermittlung der Grenzschatleistung bei verschiedenen Versuchsbedingungen sehr freizügig ausführbar [11].

Am Netz arbeitende Hochleistungs-Versuchsanlagen sind billiger und haben eine kürzere Bauzeit als Anlagen mit Maschinen. In ihnen muß jedoch bei der Festlegung der Versuchszeiten und Leistungen Rücksicht auf die Belastungsverhältnisse und auf die Schaltzustände im Netz genommen werden. Die größten Versuchsleistungen derartiger Anlagen entsprechen den höchsten im Netz vorgegebenen Kurzschlußleistungen. In Versuchsanlagen mit Netzbetrieb ist die freie Wahl von Versuchsbedingungen, wie z.B. der Form der wiederkehrenden Spannung, nur begrenzt möglich, so daß Versuchsreihen im Zuge von Entwicklungsarbeiten erschwert werden.

Generell ergeben sich demnach Vorteile einer Anlage mit Maschinenbetrieb gegenüber einer Anlage mit Netzbetrieb. Dies drückt sich auch im Verhältnis der Anzahl der Anlagen mit Maschinen in den europäischen Ländern zu der Anzahl der Netzanlagen aus: Es beträgt 7 : 1.

8) Die 23 Hochleistungs-Versuchsanlagen wurden nicht nur in Ländern mit hochentwickelter Elektroindustrie, wie z.B. in der Bundesrepublik Deutschland,



Abb. 5. Das 380-kV-Netz im kontinentalen Europa

— in Betrieb
 Projekte für baldige Verwirklichung

Schaltstrecke oder synthetische Prüfverfahren) ersatzweise die Maschinenleistung vervielfacht werden, so daß es möglich ist, Schalter für größere und sogar für heute noch nicht erreichte Kurzschlußleistungen zu entwickeln. Bei Anwendung solcher synthetischer Zweikreis-Methoden muß der Versuchsschalter beim Versagen oder Überschreiten einer Leistungsgrenze nicht zerstört

Frankreich, Großbritannien, Schweden und Schweiz errichtet, sondern es finden sich darunter auch Staaten wie die Niederlande, in denen eine größere Starkstrom-Elektroindustrie erst im Entstehen ist, oder Italien und die Tschechoslowakei, wo die Elektroindustrie den rapid ansteigenden Forderungen des heimischen wachsenden Energiebedarfes und der ausländischen Kunden zu

genügen strebt. Diese Länder und ihre Initiative dürfen bei der Beurteilung der Frage, ob und wann ein leistungsfähiges Hochleistungsversuchsfeld in Österreich errichtet werden soll, nicht außer Betracht bleiben.

Die ausgewiesenen 23 Hochleistungs-Versuchsanlagen in Europa sind praktisch voll ausgelastet. Eine Reihe von Anlagen arbeitet im Zweischichtenbetrieb, um den Anfall an Versuchs- bzw. Prüfarbeit bewältigen zu können. Allgemein bekannt ist die Arbeitsweise der KEMA in den Niederlanden, bei der sich die Kunden trotz des zweischichtigen Versuchsbetriebes oft viele Monate vorher einen Arbeitstermin sichern müssen. Prof. VAN STAVEREN berichtete bei der Eröffnung der zweiten Hochleistungs-Versuchsanlage der KEMA im Oktober 1958, daß diese Vergrößerung deshalb notwendig wurde, um mit der Entwicklung der Energieversorgung Schritt zu halten; er nannte dabei die Zahl von über 65 000 Hochleistungsversuchen, die mit der ersten Anlage von der Inbetriebsetzung im Mai 1950 an bis 1958 mit technischem und wirtschaftlichem Erfolg durchgeführt wurden.

Eine Anpassung der überlasteten Versuchsfelder an Kundenwünsche, die während der Versuche auftreten und häufig eine Verlängerung der Versuchszeit erfordern würden, ist bei der lange vorher bestimmten Zeiteinteilung solcher Anstalten im allgemeinen nicht möglich. Eine Reihe von firmeneigenen Versuchsanlagen ist, abgesehen vom Schichtbetrieb, zu Rationalisierungsmaßnahmen übergegangen und plant Erweiterungen ihrer Anlagen oder ist bereits im Begriffe, diese zu verwirklichen.

Einen aufschlußreichen Bericht über ihre bisherige Tätigkeit gab die tschechoslowakische Hochleistungsversuchsstelle in Běchovice [12]. Daraus ist zu entnehmen, daß seit der Inbetriebnahme vor 6 Jahren 2 030 Hochleistungs-Versuchsschichten mit 28 500 Versuchen und oszillographischen Aufnahmen durchgeführt worden sind. Das in dem Bericht veröffentlichte Zahlenmaterial zeigt, daß sich sowohl tschechoslowakische wie auch ausländische Firmen der Hochleistungsanlage in Běchovice rege bedient haben, und daß man mit ihrer Hilfe in der Lage war, die Sicherheit des Netzbetriebes im eigenen Lande bei der gesteigerten Kurzschlußleistung herzustellen und neue Gerätetypen zu entwickeln. Es ist ferner zu entnehmen, daß die große Versuchsleistung für den Sinn und Erfolg einer derartigen Versuchsanlage unbedingt notwendig ist; weiters ist aber zu sehen, daß ein bestimmter Prozentsatz an Versuchen mit Teilleistungen auskommt, sowie daß die Versuchsanlage jahraus, jahrein gleichmäßig beschäftigt wird.

9) Die Planung des österreichischen Hochleistungs-Prüffeldes in der ETVA ist abgeschlossen [13]; eine einzige, große, zentrale Anlage für Österreich hat vor allem den Vorteil, daß sie in ihrer Ausrüstung auf die Erfordernisse aller Industrie- und Versorgungsunternehmen ausgerichtet werden kann und bei guter Ausnutzung der wertvollen Einrichtungen allen Interessenten die gewünschten Versuchsmöglichkeiten bietet. Ferner erfordert die Errichtung eines gemeinsam benutzten Versuchsfeldes wesentlich weniger Mittel als mehrere firmeneigene Anstalten, die noch dazu über geringere Leistungsfähigkeit verfügen würden. Schließlich darf der hohe Wert einer neutralen Versuchsstelle für das ganze Land nicht zu gering eingeschätzt werden. In

diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß in letzter Zeit vier der in der Bundesrepublik Deutschland bestehenden Hochleistungs-Versuchsanlagen erst durch Zusammenschluß zu einer Stelle für ersatzweise neutrale Prüfungen anerkannt werden konnten. Öster-



Abb. 6. Das Hochleistungs-Versuchsfeld-Gelände im jetzigen Zustand

reich ist dagegen in der Lage, gleich von vornherein einen zweckmäßigen und ökonomischen Weg im Interesse der gesamten Wirtschaft gehen zu können.

10) Für die Errichtung des Hochleistungs-Versuchsfeldes verfügt die ETVA über das Arsenalobjekt 225 (Abb. 6); dieses Gebäude umfaßt:

Eine als Maschinenhalle verwendbare, zentral gelegene Halle mit einer lichten Grundfläche von $31,20\text{ m} \times 13,90\text{ m}$ und einer lichten Firsthöhe des gewölbten Daches von rund 15 m . In dieser Halle befindet sich in einer Höhe von rund $8,50\text{ m}$ eine Kranbahn.

Eine ostseitig anschließende Halle mit einer lichten Grundfläche von $31,20\text{ m} \times 44,25\text{ m}$ und einer lichten Firsthöhe der beiden gewölbten Dachteile von rund $9,50\text{ m}$.

Eine westseitig anschließende Halle mit einer lichten Grundfläche von $31,20\text{ m} \times 9,65\text{ m}$ und einer lichten Firsthöhe der beiden gewölbten Dachteile von rund $9,50\text{ m}$; sie ist durch Zwischenwände und Zwischenböden unterteilt.

Ein nordwestlich vorgelagertes Geländestück, das eine Fläche von rund $69\text{ m} \times 45\text{ m} = 3\,105\text{ m}^2$ umfaßt. Auf ihm befindet sich die Prüfanlage für schlagwetter- und explosionsgeschützte Betriebsmittel mit einer Grundfläche von rund 670 m^2 , so daß für das Hochleistungs-Versuchsfeld eine Restfläche von rund $2\,430\text{ m}^2$ verbleibt.

Einen westlich vorgelagerten Vorplatz, der eine Grundfläche von rund $13\text{ m} \times 31,20\text{ m}$ umschließt.

Südlich ist dem Hallengebäude noch ein Geländestreifen von rund $6,50\text{ m}$ Breite bis zur Böschungsmauer am südlichen Bahngleise vorgelagert.

An der Nord- und an der Südseite des Gebäudes läuft je ein Vollbahngleise entlang, das Anschluß an den Wiener Süd-Ost-Bahnhof hat. Das Gleis an der Nordseite endet im Hochspannungsversuchsfeld der ETVA.

Nordwestlich vom Gebäude 225 liegt in geringer Entfernung das bei Notwendigkeit ebenfalls mitverwendbare Objekt 226; wie sich aus dem Studium ausgeführter europäischer Versuchsanlagen ergibt, ist das Objekt 225 mit seinem Vorgelände für den Einbau der Anlage des Hochleistungs-Versuchsfeldes vorzüglich geeignet.

11) Für die Planung des Hochleistungs-Versuchsfeldes ergaben sich grundsätzliche Richtlinien:

Alle Versuche an elektrischen Betriebsmitteln, die im Betrieb großen dynamischen und thermischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, müssen möglich sein. Im speziellen

ist zu verlangen, daß alle Schaltertypen entwickelt und geprüft werden können, wobei deren verschiedene Arbeitsprinzipien zum Teil sehr unterschiedliche Forderungen an die Versuchseinrichtung stellen.

Die Anlage hat mindestens zwei Firmen zu gleicher Zeit die Montage und Versuchsvorbereitungen ihrer Prüflinge zu ermöglichen, wobei die belegten Räume gegenseitig abschließbar sein müssen. Versuche und Prüfungen sollen mindestens in zwei der vorgesehenen Versuchszellen durchführbar sein, so daß sich die beiden Firmen gegenseitig nicht stören und zeitlich beeinflussen.

Der Ausbau der Anlage hat auf österreichische Gegebenheiten Rücksicht zu nehmen und sich daher auf eine Leistungshöhe zu beschränken, die eine gute Ausnützbarkeit gewährleistet. Die großen Leistungen, die aus technischen Gründen zur Zeit und in Zukunft wünschenswert wären, die aber nur für eine geringere Zahl von Versuchen erforderlich sind, können in das Projekt vorerst nicht aufgenommen werden.

Vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt ist die Anlage so zu erstellen, daß die Einrichtungszeiten für die Vorbereitung der Versuche und zwischen den Versuchen möglichst klein werden. Die Anpassung der Maschinen und

von der Seite des Beobachtungsgeländes und der Prüfszellen dar. In der Abb. 8 sind die Grundzüge der Schaltung wiedergegeben.

12,01) Kurzschlußgeneratoren.

Es sind zwei Kurzschlußgeneratoren in Turbobauart für eine dreiphasige Ausschaltleistung von je etwa 1500 MVA bei voller Stoßerregung vorgesehen. Die Synchrondrehzahl beträgt 3000 U/min. Sie sind von Stern auf Dreieck umschaltbar zur leichteren Anpassung an die erforderlichen Spannungen bei den Versuchen. Die Generatoren erlauben



Abb. 7. Das zukünftige österreichische Hochleistungs-Versuchsfeld von Norden

Einrichtungen an die häufig geforderten Versuchswerte ist anzustreben, damit möglichst viele Aufträge rationell abgewickelt werden können.

Es ist notwendig, der Versuchsanlage für Hochleistung einen Versuchsstand für die Aufnahme von Spannungskennlinien an Schaltern, einen Versuchsplatz für Hochstromversuche bei kleiner Spannung und eine Klimakammer für tiefe und hohe Temperaturen mit einer Raureifenanlage anzuschließen. Weiter muß diese Anlage auch Abstandskurzschlüsse erlauben und zu diesem Zwecke eine mehrere Kilometer lange Versuchsfreileitung beinhalten.

Die Versuchsanlage muß in jeder Hinsicht höchste Sicherheit für den Betrieb und für das Bedienungspersonal bieten, einfach und übersichtlich aufgebaut sein und eine klare und fehlerfreie Versuchsabwicklung gewährleisten.

Es muß möglich sein, die Anlage später nach allen heute bekannten Prinzipien der Vergrößerung der Prüfleistung zu erweitern, damit sie, deren Bauzeit bis zur ersten Inbetriebnahme allein schon etwa 4 Jahre beträgt, noch durch lange Zeit den Anforderungen der Elektrowirtschaft des Inlandes und auch der ausländischen Kunden entsprechen kann.

Unter Berücksichtigung aller technischen Erfordernisse sind geringe Kosten der Anlage anzustreben.

12) Auf Grund eines Detail-Projektes durch die einschlägigen österreichischen Firmen ergibt sich die im folgenden, in großen Zügen beschriebene Versuchsanlage; Abb. 7 stellt eine Ansichtszeichnung der Anlage

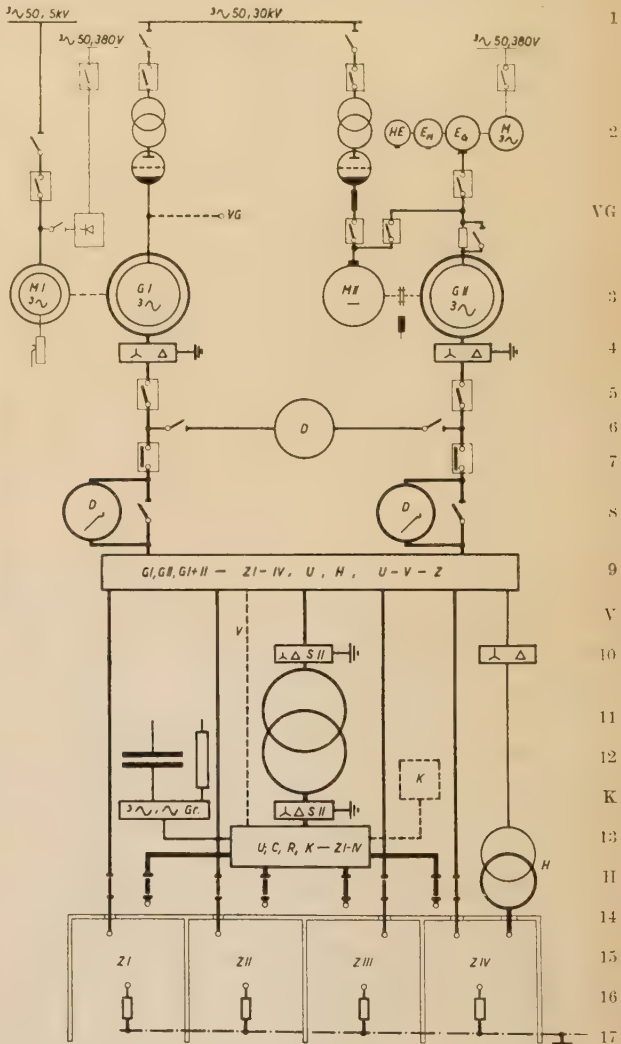


Abb. 8. Übersichtsschaltbild des geplanten österreichischen Versuchsfeldes für Hochleistung

- 1 Netz
- 2 Erregung und Stoßerregung
- 3 Kurzschlußgeneratoren mit wahlweise Drehstrom- oder Gleichstrom-Antriebsmotoren
- 4 Umschalteinrichtungen für die Generatorwicklungen
- 5 Sicherheitsschalter
- 6 Drosseln für Parallelschaltung
- 7 Draufschräner
- 8 Einstellbare Drosseln
- 9 Schalt- und Sammelschienenanlage Reihe 20
- 10 Umschalteinrichtung Reihe 20 für die Umspannergruppe
- 11 Umspannergruppe
- 12 Hochspannungskondensatoren und Widerstände
- 13 Umschalteinrichtung Reihe 400 für die Umspannergruppe, die Kondensatoren und Widerstände
- 14 Schalt- und Sammelschienenanlage Reihe 400
- 15 Zellen für Versuche
- 16 Meßwiderstände
- 17 Kurzschlußschiene und Erdung
- VG Versuchstand für Gleichstrom
- V Verbindung für Hochstromversuche über die Umspannergruppe
- K Kunstschaltung für synthetische Schaltleistung
- H Umspanner für Hochstromversuche

die Entnahme der vollen Kurzschlußleistung bei allen vor-schriftsgemäßen Prüfungen einschließlich des IEC-Zyklus für Schaltgeräte. Die Maschinen sind luftgekühlt mit einstellbarer Kühlluftmenge; ihre Fundamente werden so ausgebildet, daß die Drehmomentstöße, die sich bei den Kurzschlußversuchen ergeben können, nicht auf die übrigen Gebäude-teile übertragen werden.

12,02) Hilfseinrichtungen zu den Kurzschlußgeneratoren.

Für die Montage und Demontage der Rotoren ist eine Rotorausfahrvorrichtung vorgesehen.

Um ein Verziehen der Wellen in Stehzeiten zu verhindern, sind Wellendrehvorrichtungen angebaut.

Für die Unterdrückung eines eventuellen Wicklungsbrandes in den Maschinen sind Löscheinrichtungen mit automatischer Kohlendioxydeinblasung vorgesehen.

12,03) Antriebsmotoren.

Sie dienen zum Hochfahren der Kurzschlußgeneratoren bis auf eine Drehzahl nahe an 3 000 U/min. Das Projekt sieht Drehstromasynchronmotoren mit einer Nennleistung von je etwa 1 500 kW vor, die direkt an das 5-kV-Netz angeschlossen werden. Auch die Motoren benötigen eine zusätzliche Luftkühlung.

Die Antriebsmotoren werden vor dem Einleiten des Kurzschlußversuches vom Netz getrennt. Vor jedem neuen Versuch werden die Generatoren durch die Motoren wieder auf Drehzahl gebracht.

Als Variante enthält das Projekt die Ausführung der Antriebsmotoren für Gleichstrom und eine zugehörige Stromrichteranlage, die zugleich für die Stoßerregung und für Hochleistungsversuche mit Gleichstrom dienen kann.

12,04) Anlaß- und Bremsanlagen.

12,05) Stoßerregeranlagen.

Es ist grundsätzlich möglich, die Erregung und die Stoßerregung der Generatoren entweder mit Gleichrichtergruppen oder mit rotierenden Umformern auszuführen. Die Gleichrichter benötigen keine Fundamente, sind leicht zu regeln und zu steuern, verursachen aber hohe stoßweise Belastungen des anspeisenden Netzes.

Die Stoßerregung ist ein heute sehr gebräuchliches Mittel, um die Prüfleistung, die aus den Generatoren entnommen werden kann, zu erhöhen. Bei der Stoßerregung wird eine bis zum 20fachen der Nennerregerleistung betragende Erregung kurz vor Einleitung des Versuches auf die Erregerwicklung der Maschinen gelegt, wodurch der Kurzschlußstrom der Generatoren in seinem natürlichen Abfall verzögert wird, bzw. sogar in seinem Wert durch kurze Zeit angehoben werden kann.

12,06) bis 12,12) Belüftungseinrichtungen für die Generatoren, Schutzanlagen für die Generatoren und Maschinen-leistand, Hauptschutzschalter, Synchroneschaltgeräte, Erdungsschalter, Trennschalter des Hauptkreises, Druckluft-erzeugungs- und -verteilungsanlagen.

12,13) Drosselspulenanlagen.

Um Versuche unter den verschiedensten elektrischen Bedingungen ausführen zu können, werden Drosselspulen eingebaut, mit deren Hilfe die elektrischen Daten der Prüfkreise verändert werden können. Wegen des erforderlichen großen Einstellbereiches der Impedanzen ist in jedem Strang eine Anzahl von Drosseln vorgesehen, die sowohl Anzapfungen besitzen als auch in Serie und parallel geschaltet werden können. Die Beanspruchung der Drosseln durch die Kurzschlußströme ist sehr hoch, so daß die Drosseln und die Umschaltvorrichtungen in bezug auf die Betriebssicherheit der Anlage einen sehr wichtigen Einrichtungsteil darstellen.

12,14) Synchronisierdrosseln.

Sie sind für den Parallelbetrieb und die Synchronisierung der beiden Kurzschlußgeneratoren vor den Versuchen bestimmt und für einen vom Synchronisierungsmoment der Maschinen abhängigen Strom bemessen.

12,15) Schienenanlagen.

Von den beiden Kurzschlußgeneratoren führen je eine dynamisch und thermisch hoch beanspruchte Stromschienenanlage über die Hauptschutzschalter, Zuschalter und Drosselspulenanlagen zu den Versuchszellen bzw. zu den Haupttransformatoren. Die Stromschienenanlagen müssen auch den Parallelbetrieb der beiden Generatoren ermöglichen.

12,16) Hauptumspanner.

Sie dienen dazu, Versuche und Prüfungen mit einem Vielfachen der Generatorspannung auszuführen. Sie besitzen je zwei Primär- und zwei Sekundärwicklungen, die vielseitige Umschaltungen erlauben. Für Versuche bis zu Spannungen, die der Reihe 60 entsprechen, werden häufig dreiphasige Schaltungen angewendet werden. Versuche mit höheren Spannungen werden üblicherweise nicht mehr dreiphasig, sondern einphasig vorgenommen; hierfür sind zusätzliche Transformatoren vorgesehen.

Sämtliche Umspanner werden, um den Leistungsabfall, der nicht völlig vermieden werden kann, herabzusetzen, sowohl mit einer sehr geringen Streuspannung als auch mit einer großen Typenleistung ausgeführt.

12,17) und 12,18) Kühleinrichtung und Schutzanlagen für die Umspanner.

12,19) Umschalteinrichtungen für die Hochspannung.

Die Umspanner benötigen eine Schaltanlage, um den Parallel- oder Serienbetrieb sowie die Schaltung der einzelnen Wicklungen einstellen zu können. Auf der Ober-spannungsseite, wo es sich um verhältnismäßig hohe Spannungen handelt, ist eine mehrstöckige Schaltanlage in Gerüstbauweise vorgesehen, die in ihren einzelnen Etagen die Verwirklichung des jeweils benötigten Schaltzustandes mit Hilfe von Verbindungsrohren erlaubt, die in feste Kontakte eingelegt und dort verriegelt werden.

12,20) bis 12,23) Verbindungsleitungen zu den Versuchszellen, Verbindungsleitung zu den Kondensator-Widerstandsbatterien, Kondensator-Widerstandsbatterien, Ausrüstung der Versuchszellen.

12,24) Einrichtung zur Ausführung synthetischer Schalterprüfungen.

Alle hierfür entwickelten Methoden benützen einen vom Hauptstromkreis getrennten Hochspannungskreis mit den der Einschwingfrequenz der wiederkehrenden Spannung angepaßten Elementen, der genau im Löschmoment der Schaltstrecke des Versuchsschalters an diese angelegt werden muß. Nur dann ergibt die Ersatzschaltung eine Schalterbeanspruchung, die den Verhältnissen im Netzbetrieb entspricht.

Da an die synthetischen Prüfungsmethoden, auch Kunstschaltungen genannt, je nach der Type des zu prüfenden Schalters verschiedene Anforderungen gestellt werden und die Zulässigkeit der bekanntgewordenen Systeme in den bestehenden Vorschriften bisher noch nicht verankert worden ist, wurde der für den späteren Einbau der Teile einer Kunstschaltung erforderliche Platz im Projekt vorgesehen. Die am besten geeignete Ausführungsform dieses Anlagenteiles wird voraussichtlich in nächster Zeit festgelegt werden können, da Bestrebungen, der synthetischen Prüfungsmethode allgemeine Anerkennung zu verschaffen, im Gange sind.

12,25) Verbindungsleitung zur Hochspannungshalle der ETVA.

Für die Aufnahme von Spannungskennlinien an Schaltern werden die im Hochspannungsfeld der ETVA vorhandene Hochspannungskaskade sowie ein bereits bestellter Hochspannungsgleichrichter herangezogen. Der Anschluß der am Beobachtungsgebäude aufgestellten Kondensatoren an die Versuchsanlage in der Hochspannungshalle erfolgt über eine einpolige Hochspannungsleitung und eine elektrische Durchführung in der Wand der Hochspannungshalle.

Auf diese Weise ist eine weitere Zusammenarbeit zwischen den Versuchsfeldern für Hochleistung und Hochspannung gegeben.

12,26) Ausrüstung des Beobachtungsgebäudes.

Der Ablauf der Versuche wird vom Arbeitsplatz des Versuchsleiters im Beobachtungsgebäude gelenkt; dieser Arbeitsplatz erhält daher ein Schalterpult mit den Instrumenten für eine Übersicht über den augenblicklichen Betriebszustand der Anlage sowie mit den für das Kommando des Versuchsablaufes unbedingt erforderlichen Steuergeräten.

Im Beobachtungsgebäude sind ferner alle für die Einstellung des jeweils erforderlichen Schaltzustandes notwendigen Fernsteuereinrichtungen, Leuchtschaltbilder und die für die Messungen und oszillographischen Aufnahmen erforderlichen Geräte untergebracht.

Die Verbindung mit der Maschinistenwarte besorgt eine Gegensprechanlage.

Zur Ausrüstung des Beobachtungsgebäudes gehören auch Meßlinienwähler für den Zusammenschluß der Meß- und Steuerleitungen mit den Apparaten der Beobachtungsanlage einerseits, und den Gebergeräten, Wandlern usw. in den Versuchszellen andererseits. Die Melderelais für alle Schutzeinrichtungen sind an Schalttafeln zusammengefaßt.

Die geplante Anlage umfaßt 2 Schleifenoszillographen, 2 Kathodenstrahl-Oszillographen, 2 Druckmeßeinrichtungen, 1 Eicheinrichtung zu den Oszillographen, 2 Steuereinrichtungen für die Ablaufsteuerung der Versuche, entsprechende Reservegeräte und 2 komplette Dunkelkammereinrichtungen für die Entwicklung der aufgenommenen Oszillogramme und die Auswertung der noch nicht getrockneten Aufnahmen.

Im Beobachtungsgebäude sind außerdem Räume für Kunden vorgesehen, von denen aus die Beobachtung der Versuche ohne Störung der Arbeit des Versuchspersonals möglich ist.

12,27) Schaltanlage Reihe 10 (Innenraumausführung mit etwa 16 Zellen).

12,28) Schaltanlage Reihe 30 (Innenraumausführung) mit den Zellen für die Anspeisung der Stoßerregeranlagen; der Ausbau der Schaltstation des Objektes 226 ist einbezogen.

12,29) bis 12,38) Schalt- und Verteilanlage für 380/220 V, Eigenbedarfsumspanner (2×630 kVA), Akkumulatorenbatterie (220 V/100 Ah), Kabelverbindungen, Kommandorückmeldeanlage, Erdungsanlage, Fernsprechanlage, Personrufanlage, Uhrenanlage, Feuerschutzanlage.

12,39) Beheizungsanlage.

Zur Beheizung des Objektes 225 wird die Verlustwärme der Generatoren benützt. Ein zusätzlicher Anschluß an das benachbarte Fernheizwerk sowohl für das Versuchsgebäude als auch für das Beobachtungsgebäude wurde vorgesehen.

12,40) Beleuchtungsanlage.

12,41) Hochstromversuchsanlage.

Sie besteht aus 3 einphasigen Hochstromtransformatoren für Anschluß an die Spannung der Kurzschlußgeneratoren bzw. an das 5-kV-Netz sowie einem Versuchsplatz, auf dem die zur Hochstromprüfung angelieferten Prüflinge aufgebaut werden. Die Anlage dient auch für einphasige Versuche. Nach den heutigen Versuchsanforderungen ist die Anlage für eine maximale kurzzeitige Leistungsabgabe von etwa 200 kA bei einer verketteten Spannung von 1 kV bemessen und kann durch Anzapfungen an die Prüflinge angepaßt werden.

12,42) Versuchsstand für Gleichstrom-Hochleistungsversuche.

Hier können in Verbindung mit den Einrichtungen für die Stoßerregung der Kurzschlußgeneratoren Versuche an Gleichstromgeräten, insbesondere für elektrische Bahnen, und Elektrolysen ausgeführt werden.

12,43) bis 12,47) Maschinenhauskrananlage, Werkstättenkran, Hebezeuge, Transporteinrichtungen, Werkstatteinrichtung.

13) Der Ausbau des Hochleistungs-Versuchsfeldes ist in drei Stufen möglich; im folgenden werden diese Etappen kurz beschrieben.

Die erste Ausbaustufe gestattet, im Inland Kurzschlußversuche bis zu Leistungen von etwa 1 500 MVA bei Versuchsspannungen bis 150 kV ausführen zu können.

Die zweite Ausbaustufe umfaßt den Einbau einer Anlage für die Vornahme von synthetischen Schalterprüfungen; mit dieser Einrichtung kann für Schalterentwicklungen eine Versuchsleistung vom mehrfachen Wert der ersten Ausbaustufe zur Verfügung gestellt werden. Die Kosten hierfür sind verhältnismäßig niedrig. Außerdem behält die Anlage der Kunstschaltung ihren Wert auch dann bei, wenn das Versuchsfeld später auf seine volle Leistung für direkte Prüfungen ausgebaut wird. Die zweite Ausbaustufe wird ferner die Versuchsanlage für Hochstromuntersuchungen verwirklichen.

Die dritte Ausbaustufe sieht den Einbau eines zweiten Kurzschlußgenerators und der für seinen Betrieb erforderlichen Einrichtungen, den Ausbau der Transformatorenanlage auf Versuchsspannungen von mindestens 300 kV, die Einrichtung zur Aufnahme von Spannungskennlinien von Schaltern, die Errichtung der Werkstätte, der Versuchsleitung und der Versuchskammer für außerordentliche Versuchsbedingungen vor.

14) Eine kurze, kritische Betrachtung des fertiggestellten Projektes ergibt folgendes:

14,1) Die Festlegung einer Versuchsleistung von rund 3 000 MVA für ein Hochleistungs-Prüffeld wird heute allgemein als notwendiges Minimum angesehen.

14,2) In der Aufstellung zweier Kurzschlußmaschinen liegt der für den Betrieb eines Hochleistungs-Versuchsfeldes bedeutende Vorteil, daß man mit 2 Anlagen getrennt arbeiten kann und dadurch die Ausnützung der Anlage steigert. Die Frage nach genügender Beschäftigung einer derartigen Anlage kann in Anbetracht der Tatsache bejaht werden, daß fast alle der bekannten europäischen Versuchsfelder in zwei Schichten, Tag und Nacht, arbeiten und außerdem erweitert werden.

14,3) Die Zusammenarbeit mit den wissenschaftlichen Instituten (Technische Hochschulen und bezügliche Abteilungen der EVU und Elektroindustrie, Netzmodell der Verbundgesellschaft) gewährleistet das zweckgerichtete Arbeiten der ETVA.

14,4) Aus der in Fachkreisen bekannten Feststellung des Versuchsbedarfes zeigt sich, daß eine baldige Errichtung und ein rascher Ausbau einer staatlichen Hochleistungs-Versuchsanstalt in Wien eine gewisse Lücke auch im Bedarf an neutralen Versuchsstellen in Europa schließen würde.

14,5) Die universellen Anforderungen Rechnung tragende Konzeption des Hochleistungs-Prüffeldes ist nicht, wie bei manchen ausländischen Anlagen, auf die Prüfung von Leistungsschaltern beschränkt, sondern gestattet auch, Versuche an allen elektrischen Ausführungen anzustellen, die den Beanspruchungen und den Bedingungen bei Kurzschlüssen standhalten müssen. Es sind dies Drosseln, Umspanner, Wandler, Kabel, Schienenanordnungen, Armaturen, Klemmen, Erdungseinrichtungen usw.

14,6) Obwohl die hohen Anlagekosten einen stufenweisen Ausbau des Hochleistungs-Versuchsfeldes nahelegen, sollte dennoch versucht werden, den Vollausbau von Anfang an zu erreichen. Bei dem bestehenden großen Versuchsbedarf wäre es wirtschaftlich sehr nachteilig, den Ausbau aufzuschieben und nicht alle Möglichkeiten zu nutzen. Außerdem bedingt der Ausbau in Stufen, daß jede Stufe der nachträglichen Erweiterung der ersten Anlage eine Unterbrechung des Versuchsbetriebes, zumindest während eines Teiles der Montagezeit, und damit eine Verminderung der Einnahmen mit sich bringen würde.

15) Nach dem Preisniveau anfangs 1960 stellen sich für den Vollausbau die Anlagekosten auf rund 135 Millionen S und die Baukosten auf etwa 30 Millionen S; also sind insgesamt rund 165 Millionen S erforderlich. Wenn man bedenkt,

daß die österreichische Elektrizitätswirtschaft jährlich rund 2,5 bis 3 Milliarden S investiert,

weiter daß der Verkaufswert der von der österreichischen Elektroindustrie (in der fast 50 000 Menschen, davon 60% in der Starkstromindustrie, beschäftigt sind) jährlich produzierten Güter etwa 4,5 Milliarden beträgt, wovon etwa 20% exportiert werden,

ferner daß im Jahre 1959 das Bruttonationalprodukt rund 134,6 Milliarden S und die Bruttoinvestitionen etwa 30,7 Milliarden S betrugen, so ist der für die Errichtung des Hochleistungs-Prüf-feldes nötige jährliche Aufwand von etwas mehr als 40 Millionen S während der 4 Baujahre, insbesondere in Hinblick auf die ausführlich dargestellte zukünftige Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft und zur Sicherung der Arbeitsplätze der in der Elektroindustrie

Beschäftigten, in jeder Hinsicht angemessen und vertretbar. Es ist zu hoffen, daß die vor kurzem angekündigte Neuorganisation der ETVA mit dazu beiträgt, die Finanzierung dieses Projektes und den baldigen Baubeginn sicherzustellen.

Schrifttum

- [1] PENKLER, J.: ETVA — wertvolle Helferin der Elektroindustrie. Die Industrie, (1957), H. 50.
- [2] BAUER, L.: Elektrotechnische Versuchsanstalten für Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Maschinenwelt und Elektrotechnik, (1959), H. 23/24.
- [3] Weltkraftkonferenz, Volltagung Wien 1956 und Teiltagung Madrid 1960.
- [4] HUME, DAVID: Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand.
- [5] ECE, EP/ Working Paper No 51 (und No 32).
- [6] UCPTE, Bulletin trimestriel III/60.
- [7] BAUER, L.: Österreichs Elektrizitätswirtschaft — EWG und EFTA. E und M, 77. Jg. (1960), H. 7.
- [8] FLEISCHER, W.: Die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Entwicklung vom Parallelbetrieb über den Verbundbetrieb zur Verbundwirtschaft. Teiltagung der Weltkraftkonferenz 1958.
- [9] Deutsche Verbundgesellschaft: 380-kV-Planung. Eigenverlag 1957.
- [10] WAGNER, L.: ETVA, Wien.
- [11] HOCHRAINER, A.: Synthetische Prüfverfahren für Hochspannungs-Leistungsschalter, ETZ-A, Bd. 81. (1960), H. 10.
- [12] FOIT, V. NOVOTNY et A. SMAJLER: La Station d'essais à grande Puissance de Běchovice (Tschécoslovaquie). Revue Générale de l'Electricité, Bd. 69, (1960), No 4.
- [13] WAGNER, L.: Ausbauplan der ETVA, 2. Teil, 1960.

Rundschau

Prüfanstalten

DK 061.64(437.11):621.312:621.317.2.006.25

Die elektrotechnische Versuchsanstalt in Běchovice bei Prag — die tschechoslowakische ETVA

Große, hochindustrialisierte Länder besitzen bereits seit Jahrzehnten firmeneigene elektrotechnische Entwicklungs- und Versuchseinrichtungen für die dem Stande ihrer technischen Entwicklung entsprechenden jeweils höchsten Leistungen und Spannungen. Nach dem 2. Weltkrieg haben auch kleinere und noch wenig industrialisierte Länder die Bedeutung dieser Anlagen für ihre Wirtschaft und für ihr Exportpotential erkannt und haben sowohl privatwirtschaftliche als auch teilweise unabhängige oder staatliche Versuchs- und Forschungsanlagen aufgebaut. Diese Anlagen bewähren sich in allen Fällen, denn sie geben dem betreffenden Land die Möglichkeit, seine Erzeugnisse zu prüfen und sie dem Ausland gegenüber konkurrenzfähig zu machen. Ferner geben sie der nationalen Elektroindustrie Anregungen zu Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und damit zur Erschließung neuer Lieferungsgebiete. Die Versuchsanlagen tragen zur Weiterentwicklung des internationalen Ansehens bei und zur Sicherung der Beschäftigung der Arbeitskräfte des betreffenden Landes. Ist die Versuchsstätte eine staatliche und zentrale, dann ist überdies die Neutralität aller Untersuchungen gewährleistet, ein Vorteil, den die Länder mit nur firmeneigenen Prüfanlagen vermissen. Ein zentrales Versuchsfeld erfordert überdies geringere

Investitionsanstrengungen und läßt sich in einem kleineren Lande besser ausnützen als eine Reihe von gut eingerichteten Versuchsstätten bei den einzelnen Industriefirmen. Es bindet außerdem eine Anzahl theoretischer und praktischer Wissensschaffler, denn es bietet ihnen interessante Betätigungsmöglichkeiten und erhält sie dadurch ihrem Lande.

Die Tschechoslowakei hat in Běchovice bei Prag im Rahmen des Forschungsinstitutes für Starkstromtechnik Versuchsfelder für Hochleistung und Hochspannung errichtet, die zum Teil bereits 1953 in Betrieb genommen worden sind. Sie unterstehen dem Ministerium für Schwermaschinenbau. Ihre Anlagen sind durch folgende Angaben gekennzeichnet:

1) Hochleistungsversuchsfeld

Es dient der Klärung des großen Problemgebietes der thermischen, mechanischen und chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes und der Entwicklung und Überprüfung der aus den gewonnenen Erkenntnissen durch die Industrie geschaffenen elektrischen Geräte, wie Schalter, Sicherungen, Verteilungs- und Übertragungseinrichtungen, Ableiter, Wandler, Transformatoren u. v. a. Diese Geräte werden sehr hohen Strömen oder hohen Leistungen ausgesetzt, die man zu diesem Zwecke nur kurzzeitig benötigt und aus zwei Turbogeneratoren einer 70-MVA-Type durch Abbremsen der Rotormassen gewinnt. Bei Anwendung der sogenannten Stoßerregung der Generatoren ergeben beide Maschinen in Parallelschaltung eine theoretische Einschaltleistung von

5 GVA. Im praktischen Prüfbetrieb, z. B. bei Versuchen an Leistungsschaltern, können dreiphasige Ausschaltleistungen bis 3 GVA, gerechnet 4 Halbwellen nach dem Schließen des Kurzschlußkreises, und einphasige Ausschaltleistungen bis 1 500 MVA erreicht werden. Die 27 t schweren Läufer der Maschinen werden durch Asynchronmotoren von je 1 800 kW innerhalb von 5 min auf 2 960 U/min gebracht. Die Nennspannung der Maschinen beträgt 12 kV. Die Generatorspannung kann durch 6 einphasige Transformatoren mit einer Typengröße von je 35 MVA auf 21, 42 und 84 kV aufgespannt werden. Bei Drehstromversuchen sind damit Spannungen bis 290 kV, bei Einphasenversuchen bis 400 kV mit geerdetem Mittelpunkt einstellbar. Die Transformatoren sind dynamisch für Stoßbetrieb bemessen und besitzen eine Streuung von im Mittel 1,5%.

Leistungsschalter werden bei Entwicklungsversuchen oder Prüfungen bis zur Zerstörung beansprucht. Sie werden daher in den Versuchsanlagen in betonierten Zellen aufgestellt, um die Umgebung durch wegfliegende Teile nicht zu gefährden. In Běchovice stehen 6 verschieden große Prüfzellen zur Verfügung, die je nach der Höhe der verwendeten Hochspannung eingesetzt werden. In einer der Prüfzellen ist ein Hochstromtransformator aufgestellt, der thermische und dynamische Versuche bis 240 kA dreiphasig, bis 720 kA einphasig zuläßt. Durch Umschaltung sind Spannungen bis 1 260 V DS und 2 160 V ES bei entsprechend niedrigeren Stromwerten erreichbar. Die Prüfzellen sind mit ferngesteuerten Toren und CO₂-Feuerlöscheinrichtungen versehen.

Für das Einschalten der Kurzschlußstromkreise in einem beliebigen und wählbaren Punkt der Wechselspannungswelle werden dreipolige Messerschalter mit Federantrieb verwendet. Sie gestatten eine Einschaltgenauigkeit von 10° el. Bei dreiphasigen Versuchen wird die Ausbildung des Gleichstromglides durch zeitliche Verschiebung eines Einschaltmessers verhindert. Als Sicherheitsschalter steht in jedem Strang des Hauptkreises ein einpoliger Druckluftschalter für 17,5 kV Nennspannung und 2 500 MVA Ausschaltvermögen bei 15 kV in Verwendung.

Die Versuche werden von dem den Prüfzellen gegenüberliegenden Beobachtungsgebäude überwacht. Es enthält den Kommandoraum, die Schutz- und Steuereinrichtungen, Oszillographen und photographische Ausrüstungen.

Die Umschaltung der Prüfanlage für geänderte Spannungs- und Leistungswerte erfolgt teilweise durch Hand-, teilweise durch Fernsteuerung und kann am Steuerpult des Prüfingenieurs kontrolliert werden. Der zeitliche Ablauf der Kurzschlußversuche wird durch ein elektronisches Programmgerät gesteuert, das in Abhängigkeit von Steuergeneratoren arbeitet und zufolge der Verwendung von Gastrioden leistungsstarke Steuerimpulse abgibt.

Die Höhe des Kurzschlußstromes wird bei den Versuchen über Nebenwiderstände mit Schleifenoszillographen aufgezeichnet. Zur Eichung dienen Hilfstransformatoren. Für die Frequenzbestimmung der wiederkehrenden Spannung stehen Kathodenstrahloszillographen in Gebrauch. Bei Versuchen an Schaltern werden jeweils auch die Lichtbogenleistung und die Lichtbogenleistung sowie der Druckverlauf in den Schaltkammern in Abhängigkeit vom Bewegungsablauf ermittelt.

Außer Schaltgeräten für Wechselstrom können auch solche für Gleichstrom entweder in Ersatzkreisen mit Wechselströmen oder mit Benützung von Quecksilberdampfgleichrichtern geprüft werden.

Durch praktische Arbeiten und Erfahrungen in der Beanspruchung der geprüften Geräte war es der ČSR möglich, in internationalen Kommissionen mitzuarbeiten und Vorschläge zur Verbesserung von Vorschriften zu machen. Auch die Anwendung indirekter Prüfungsmethoden wird in Běchovice erforscht. Diese, insbesondere die als Kunstschaltungen oder als synthetische Methoden ausgeführten Prüfkreise erlauben eine weitere Steigerung der heute in Arbeit stehenden Hochleistungsversuchsanlagen.

2) Höchstspannungslaboratorium

Bis nach dem 2. Weltkrieg bestanden in der ČSR nur Prüfmöglichkeiten für 10-kV-Material. Die Prüfungsschwierigkeiten, die sich bei der Errichtung der ersten 220-kV-Übertragung ergeben hatten, haben zur Errichtung eines zentralen Höchstspannungslaboratoriums in unmittelbarer Nachbarschaft des Hochleistungsprüffeldes in Běchovice beigetragen. Seine Einrichtungen sind geeignet, Entwicklungsversuche bis zu Betriebsspannungen von 750 kV auszuführen. Sie sind sowohl für Prüfungs- als auch für Forschungszwecke bestimmt. Bei den Arbeiten wird auf die internationalen Bestimmungen Bedacht genommen und der letzte Stand der Höchstspannungstechnik stets im Auge behalten.

Die Anlage umfaßt ein Verwaltungsgebäude, ein kleineres Prüfgebäude und eine große Höchstspannungs-Versuchshalle.

Im Verwaltungsgebäude sind außer den Büros auch ein Zeichensaal, Bibliothek, Werkstätten, Lager und kleinere Laboratorien untergebracht. Besonderes Augenmerk wird der Dokumentationsabteilung zugewendet.

Die große Höchstspannungsversuchshalle fällt durch ihre zeltförmige Bauweise auf. Sie ist 54 m lang und 25 m hoch. Ihre Breite von 30 m am Boden verengt sich nach oben bis auf etwa 10 m in einer Höhe von 21,5 m, wo ein 16-t-Kran vorgesehen ist. Diese Bauweise war wesentlich billiger als die übliche, ohne eine bedeutende Beeinträchtigung der für die vorgesehenen Maximalspannungen erforderlichen Abstände mit sich zu bringen. Es sind folgende Einrichtungen vorhanden:

Ein 3stufiger Kaskadentransformator von $3 \times 0,75 = 2,25$ MV mit einer Leistung von 2 250 kVA. Die Einzelstufen können in Einphasenschaltung, Serie oder parallel, oder in Dreiphasenschaltung bis 1,3 MV verwendet werden. Die Kaskadenstufen sind mit kapazitiven Spannungsteilern zur Messung der Wechselspannung zusammengebaut. Außerdem steht eine Kugelfunkenstrecke mit 1 500 mm Kugeldurchmesser zur Verfügung. Die Speisung der Kaskadentransformatoren erfolgt von Synchrongeneratoren mit 50 oder 200 Hz.

Der große Stoßgenerator liefert 3,2 MV Scheitelspannung und besitzt ein Arbeitsvermögen von 76 kW bei einem Ausnutzungsfaktor von 0,84. Die Aufladung der 16 Stufen besorgt ein Nadelgleichrichter für 200 kV. Gemessen bzw. oszillographiert wird über einen kombinierten ohmschen kapazitiven Spannungsteiler. Der Stoßgenerator ist umschaltbar auf 2 400, 1 600 und 800 kV mit aliquotem Arbeitsvermögen. Besonderes Augenmerk ist einer guten Stoßleistung gewidmet worden.

Außer einer für Regenversuche vorgesehenen Spritzfläche von 100 m² sind noch große Behälter für Versuche unter Öl bzw. Prüfungen unter Wasser, z. B. an Kabeln, vorhanden.

Zum Studium von Koronaerscheinungen und zur Prüfung von Höchstspannungsmaterial, Leiteranordnungen und Schutzeinrichtungen dient eine 500 m lange 400-kV-Leitung, die an die Transformatorkaskade über 3 Durchführungen in der Gebäudewand angeschlossen werden kann.

Neben der großen Höchstspannungshalle steht noch ein kleineres Prüfgebäude für Hochspannungsversuche an elektrischen Betriebsmitteln bis zu Betriebsspannungen von 110 kV zur Verfügung. Darin sind folgende Einrichtungen vorhanden: ein Einphasentransformator 250 kV, 250 kVA, mit kapazitivem Spannungsteiler und einer Kugelfunkenstrecke mit 500-mm-Kugeln, ein Stoßgenerator für Scheitelwerte von 600 kV, Arbeitsvermögen 10 kW, mit einem Zweistrahl-Kathodenstrahl-Oszillographen. Außerdem sind noch Schleifenoszillographen vorhanden. Eine Beregnungsanlage ergänzt diese Einrichtungen.

Das kleinere Prüfgebäude enthält überdies noch Versuchseinrichtungen für allgemeine Prüfungen mit Spannungen bis 35 kV, entsprechende Umformer für 50 und

200 Hz und eine Reihe von Transformatoren, Prüfplätzen, Steuereinrichtungen usw. Ein Generator mit 1 300 kVA Typenleistung wird für kleinere Kurzschlußversuche verwendet. Die Stromversorgung erfolgt vom 22-kV-Netz über einen Haupttransformator mit 2 500 kVA.

L. WAGNER

(Schwerindustrie der Tschechoslowakei, [1957], H. 5, S. 9...18, 19 Abb., B. Fort, V. NOVOTNY und A. ŠMAJLER: La Station d'essais à grande puissance de Běchovice [Tchécoslovaquie]. Rev. Gen. de l'Electricité, 44. Jg., 69. Bd. [1960], H. 4.)

Nachrichtentechnik

DK 621.396.5 : 621.371

Untersuchungen über die Wellenausbreitung im Gebirge für einige bemerkenswerte Funkverbindungen mit Brown-Boveri-Radiotelephonen. Von E. R. POLESCHINSKI, Wien.

Die Errichtung von drahtlosen Teilnehmeranschlüssen an öffentliche Fernsprechnetze ist besonders an den Ausläufern notwendig, z. B. im Gebirge als permanenter Telefonanschluß für Wetterstationen, Schutz- und Jagdhütten und auch als temporärer Anschluß während der Bauzeit üblicher Drahtverbindungswege oder für Baustellen.

Solche Funkverbindungen erfordern eine so geringe Übertragungsdämpfung des Ausbreitungsweges, daß ein unterbrechungsloser Betrieb möglich ist. Diese Ausbreitungswege unterscheiden sich von solchen in der Ebene oder auch von jenen üblicher Richtfunkverbindungen im Gebirge, die zwischen Bergspitzen als Sichtverbindungen errichtet werden. In den hier behandelten Fällen sind meist keine Sichtverbindungen möglich, weil die Stationsstandorte gegeben sind und die Wahl günstigerer Standorte oder die Aufstellung von Relaisstationen aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Betracht kommen. Deshalb können auf dem Ausbreitungsweg alle Erscheinungen auftreten, welche für den Ausbreitungsvorgang in dem vornehmlich verwendeten Meterwellenbereich ($f = 160$ MHz) bestimmend sind: Beugung, Reflexion, Mehrwegausbreitung und allenfalls auch troposphärische Einflüsse. Es erschien daher zweckmäßig, für die Projektierung einer Reihe von Verbindungen Untersuchungen über die Ausbreitungsverhältnisse vorzunehmen, die sich auf eine Feststellung der möglichen Ausbreitungswege, der optimalen Streckendämpfung und deren mittlerer Tagesschwankung ergeben. Die Ergebnisse werden an Hand untersuchter Verbindungswege dargestellt. Für eine Verbindung zwischen Grabach und Greifenburg in Kärnten ergaben sich zwei Ausbreitungswege über zwei verschiedene Reflexionsstellen, von welchen ein Weg mittels Richtantenne ausgesondert wurde.

Eine andere Verbindung zwischen Torrener Joch und Golling in Salzburg wurde ebenfalls über eine Reflexion hergestellt.

Die Verbindung zwischen dem Tappenkarseehaus und Kleinarl in Salzburg zeigt eine Beugung an einem Bergücken und ist deshalb von Interesse.

Schließlich wird kurz auf die selten günstige Sichtverbindung zwischen Sonnblick und Rauris, Salzburg, eingegangen, wie sie in Gebirgstälern nur selten anzutreffen ist.

Die beiden ersten Beispiele zeigen Fälle der im Gebirge häufig anzutreffenden Reflexion an Berghängen und Felsflächen, die auch in der Literatur bereits erwähnt wurden.

Die Übertragungen für die Analyse einer Reflexionsverbindung können in geometrisch-optische und wellenoptische geschieden werden. Einerseits ist die Lage der Reflexionsfläche als Tangentialebene an ein Laufzeitellipsoid und andererseits eine im Verhältnis zur Wellenlänge glatte und leitende Oberfläche ideal und wird bei natürlichen Reflexionsstellen nicht angetroffen. Die Abweichung von der günstigsten Lage bedingt eine Verringerung der wirksamen

Reflexionsfläche, die Oberflächenbeschaffenheit, d. h. die Rauigkeit natürlicher Flächen, eine zusätzliche Dämpfung: diese wurde für das 160-MHz-Band mit etwa 25 db festgestellt. Die Rauigkeitskriterien in der üblichen Form können für die Erklärung nicht herangezogen werden. Hinsichtlich der Polarisierung hat sich die vertikale geeigneter erwiesen, wenn auch ein sehr wesentlicher Unterschied zur horizontalen bei Reflexionsverbindungen nicht festgestellt wurde.

Der beschriebene Fall einer Wellenbeugung konnte mit den aus der Literatur bekannten Angaben behandelt werden.

Der Einfluß von Schwunderscheinungen war gering, und auch durch Schichtbildungen in der Troposphäre waren bisher keine Schwierigkeiten aufgetreten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß Reflexionsverbindungen mit genügender Übertragungsqualität hergestellt werden können. Wegen der Schwierigkeit, einzelne Bestimmungsgrößen zu erfassen, werden jedoch zu meist sehr gründliche Untersuchungen erforderlich sein.

(Brown Boveri-Mitt., Bd. 46 [1959], Nr. 10, S. 564... 572, 9 Abb., 8 Qu.)

Nachrichten aus Industrie, Gewerbe und Wirtschaft

DK 621.386.14 : 382.6 (436 : 675)

Österreichische Röntgengeräte für den Kongo

Die österreichische UNO-Sanitätseinheit, die in kurzer Zeit in die Kongorepublik abgeht, wird mit neuesten Röntgengeräten ausgerüstet. Das Bundesministerium für Landesverteidigung hat der ELIN-UNION einen Auftrag auf diese Röntgenapparate erteilt.

Der unter anderem verwendete Apparatetyp „Elinax 90/20“ hat besonders kleine Abmessungen im Verhältnis zur Leistung; er ist dadurch wie geschaffen, als leicht transportable universelle Einrichtung bei derartigen Einsätzen verwendet zu werden.

Einer dieser Apparate wird in einem transportablen Sanitäts-Röntgengerät geliefert, das samt dem Transportkoffer nur ein Gewicht von 150 kg hat. Diese von der ELIN-UNION besonders konstruierte Ausführung für Sanitätseinheiten wurde erstmalig auf dem vorjährigen „Internationalen Kongreß für Radiologie“ in München gezeigt. Sie hat dort das größte Interesse erweckt und soll nun auch im Kongo zum Wohle der dortigen Bevölkerung dienen.

Das Röntgengerät kann innerhalb von 8 min betriebsbereit aufgestellt werden und ist gleichermaßen zur Durchleuchtung bei Untersuchungen als auch zur Herstellung von Röntgenbildern zu verwenden. Die eine Kistenhälfte ist mit wenigen Handgriffen in einen fahrbaren Tisch zu verwandeln, die andere dient als Stützwand für das Stativ, auf dem der Aufnahmeapparat nach allen Seiten schwenkbar befestigt ist und in jeder gewünschten Lage mit einem Handgriff fixiert werden kann. Die Bedienungsgriffe sind leicht zugänglich und übersichtlich angeordnet.

Mit dem Modell „Elinax 90/20“ ist ein Sanitätsgerät geschaffen worden, das nicht nur im Heeresbereich vorteilhaft verwendet werden kann, sondern auch bei Unfällen, bei Katastrophen im Gebirge und ähnlichen Fällen unersetzliche Dienste zu leisten imstande ist. Ferner sind Reihenuntersuchungen auf dem Land, Sondereinsätze in entlegenen Gebieten oder in Betrieben damit ebenfalls möglich. Der Strombedarf ist gering und beträgt nur etwa 10 A; die Betriebsspannung von 90 kV setzt das Gerät in die Lage, alle normalerweise auftretenden Ansprüche zu erfüllen.

ELIN-UNION

AG für elektrische Industrie
Wien I, Volksgartenstraße 3

(Nachrichtendienst der Elin-Union, Folge 16.)

DK 621.311.16 „344.22“ : 621.365 : 662.925.6

Nachtstromspeicherofen. Von E. PETZOLDT, Linz.

1) Einleitung

Der im Auftrag der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke zur Weltkraftteilkonferenz im September 1958 in Montreal eingereichte und in Elektrowärme, Bd 16, Nr. 11, veröffentlichte Bericht der Verfasser H. MASUKOWITZ und W. SAMWER über „Deutsche Erfahrungen mit elektrischer Speicher-Raumheizung“, beweist das starke Interesse der deutschen EVU an der Auffüllung ihrer Schwachlasttälern durch elektrische Nachtstromspeicher-Raumheizungen. Tatsächlich bietet nun dieses System der Raumheizung nicht nur den EVU die sehr willkommene Möglichkeit zur Glättung der Belastungskurven, sondern es ist bei technisch vollendeter Ausführung wie sonst kein anderes imstande, den Kunden restlos zufriedenzustellen und dessen Räume ganz nach Wunsch, angefangen mit der behaglich zweckmäßigen Brauchform bis zur Luxusform des Barock- und Rokokokamins zu schmücken. Über weit mehr als 30 Jahre reichen nun die diesbezüglichen Erfahrungen und Erfolge der Erndt GmbH Wien, der auch im vergangenen Jahr der Auftrag zuteil wurde, die berühmte Kaiservilla in Bad Ischl in Oberösterreich mit elektrischen Nachtstromspeichern einzurichten.

2) Forderungen an die zeitliche Funktion des Nachtstromspeicherofens

Man erkennt sofort eine grundlegende Forderung an die Arbeitsweise des elektrischen Nachtstromspeicherofens, wenn man sich vor Augen hält, was dem Kunden bei Anschaffung einer Beheizungsanlage als am meisten wünschenswert erscheint. Das ist ohne Frage der Wunsch, sich um eine Beheizungsanlage, und noch dazu um eine elektrische, überhaupt nicht kümmern zu müssen. Diesem Wunsch entspricht zunächst einmal die Schaltuhr, welche den Nachtstromspeicher um 22 Uhr einschaltet und um 6 Uhr früh ausschaltet. Der Nachtstromspeicher soll nun für diese um 22 Uhr beginnende und 8 h dauernde Aufheizzeit immer von Haus aus betriebsbereit sein. Das ist natürlich nur dann möglich, wenn beim Ofen nicht zusätzlich Klappen oder Schieber betätigt werden müssen. Eine Ofenkonstruktion, bei welcher Klappen oder Schieber erforderlich sind, zwingt den Kunden täglich dazu, die Klappen um 22 Uhr zu schließen oder sich davon zu überzeugen, daß diese geschlossen sind, weil sich sonst der betreffende Raum in der Früh im Zustand einer Heißluftkammer befinden würde. Eine grundlegende Forderung ist also die nach einfachster Bedienung, d. h. keine Klappen oder Schieber, die nicht oder falsch bedient werden könnten, aber auch keine eventuell fehleranfällig werdenden Thermostaten. Der Kunde soll lediglich mit dem Ofenschalter eine ihm den herrschenden Witterungsverhältnissen entsprechende Stufen- oder Gruppenschaltung der Ofenheizkörper vornehmen. Wird der Raum bei Nacht nicht gebraucht oder dient derselbe als Schlafraum, dann muß verlangt werden, daß die durchschnittliche Wärmeabgabe während der 8stündigen Anheizzeit um etwa 20% niedriger liegt als tagsüber. Aber auch die Wärmeabgabe während des Tages soll vollkommen selbstständig und ganz entsprechend dem Verwendungszweck des Raumes erfolgen. Es wäre unrichtig, Schulen oder Amtsräume bereits in der Früh mit stärkster Wärmeabgabe zu beheizen. Dies würde einmal auf die Insassen des Raumes ermüdend wirken. Sind aber wie in Schulen, was heute als selbstverständliche Forderung der Hygiene gelten sollte, am Vormittag Entlüftungspausen nötig, dann würde sich nachher eine unangenehme Abkühlung des Raumes bemerkbar machen. In solchen Fällen muß daher vom Nachtstromspeicherofen verlangt werden, daß die größte Wärmeabgabe gegen Mittag erfolgt. Von Ärzten mit Privatordinationen wird meist verlangt, daß die größte Wärmeabgabe des Nachtstromspeicherofens erst am Nachmittag einsetzen soll.

Durchschnittlich soll also tagsüber eine gleichmäßige Wärmeabgabe erfolgen, wobei die garantierte maximale Temperaturschwankung im Raum $\pm 2^\circ\text{C}$ betragen soll. Die höchste Oberflächentemperatur des Ofens soll dabei unterhalb 105°C liegen. Das ist etwa die Temperatur, bei welcher Staubverbrennung eintritt. Diese Forderungen soll nun der Nachtstromspeicherofen aus sich selbst heraus erfüllen, ohne Wartung und Regelung durch die Insassen des Raumes, aber auch ohne Vorhandensein selbsttätiger Steuer- und Regelgeräte, welche vom Kunden ohnehin unerwünscht wären. Zur Erfüllung dieser Forderungen gibt es nur eine einzige Möglichkeit und diese besteht in der Verwendung eines entsprechenden Kernmaterials für den Nachtstromspeicherofen. Die Frage nach der Beschaffenheit des Kernmaterials soll eine rechnerische Überprüfung klären.

3) Der Temperaturverlauf in einer parallelflankigen Schicht als Summe periodischer Temperaturfunktionen

Wir untersuchen den Wärmedurchgang durch eine parallelflankige Schicht mit der Dicke l in m und den Materialkonstanten c in kcal/kg $^\circ\text{C}$, λ in kcal/mh $^\circ\text{C}$ und γ in kg/m³, wobei die an der linken Flanke der Schicht anfallende sekundliche Wärmemenge $q(t)$ zunächst eine periodische Funktion sein soll, welche dem Rhythmus der Aufheizzeit entspricht. Die Wärmeabgabe erfolgt an der rechten Flanke der Schicht. Innerhalb der Schicht soll keine Wärme erzeugt oder abgegeben werden. Es ist:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} \quad (1)$$

mit

$$a^2 = \frac{\lambda}{c \gamma} \quad (2)$$

Die Temperatur ϑ in $^\circ\text{C}$ ist eine Funktion des Ortes x und der Zeit t . Dabei gilt für die linke Flanke, an welcher die Wärmemenge $q(t)$ anfällt, $x = 0$. Daher setzen wir:

$$\vartheta = X(x) e^{j\omega t} \text{ mit (3) folgt aus (1):} \quad (3)$$

$$X(x) = e^{\pm \sqrt{\frac{j\omega}{a^2}} x} \text{ Und mit} \quad (4)$$

$$\sqrt{j} = \frac{1+j}{\sqrt{2}} \text{ folgt mit (4) aus (3):} \quad (5)$$

$$\vartheta = e^{\pm \sqrt{\frac{\omega}{2}} \frac{x}{a}} e^{j\left(\omega t \pm \sqrt{\frac{\omega}{2}} \frac{x}{a}\right)} \quad (6)$$

Daraus erhält man mit

$$e^{ja} = \cos a + j \sin a \quad (7)$$

als reel angesetzte allgemeine Lösung:

$$\begin{aligned} \vartheta = \sum_{n=1}^{\infty} e^{\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a}} & \left[A_n \cos \left(\omega_n t + \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) + \right. \\ & \left. + B_n \sin \left(\omega_n t + \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) \right] + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a}} \left[C_n \cos \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) + \right. \\ & \left. + D_n \sin \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

Auf der rechten Seite von (8) gibt der erste Summand die Summe aller orts- und zeitabhängigen Temperaturwerte der an der Stelle $x = l$ nach links reflektierten Temperaturwellen und der zweite Summand gibt die Summe aller orts- und zeitabhängigen Temperaturwerte der von links fortschreitenden Temperaturwellen. Die Überlagerung aller Temperaturwellen gibt die innerhalb der Schicht orts- und zeitabhängige Temperatur $\vartheta(x, t)$. Die Konstanten A_n , B_n , C_n und D_n folgen aus den Randbedingungen.

Erste Randbedingung bei $x = 0$:

$$q(t) = -\lambda \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right)_{x=0}, \tag{9}$$

d. h. an der Stelle $x = 0$ tritt die sekundlich anfallende Wärmemenge $q(t)$ in kcal/m² s in die Schicht ein.

Zweite Randbedingung bei $x = l$:

$$-\lambda \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right)_{x=l} = a \vartheta_{x=l} \tag{10}$$

mit a in kcal/m² h °C als Koeffizient der gesamten Wärmeabgabe an der Stelle $x = l$.

Den Verlauf der an der linken Flanke der Schicht als Funktion der Zeit anfallenden Wärme $q(t)$ oder als Funktion des Winkels $q(\alpha)$, zeigt Abb. 1. Hier ist $q(t) = q$ zwi-

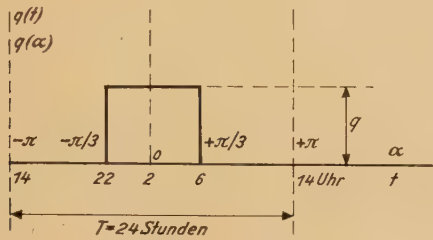


Abb. 1

schen 22 Uhr und 6 Uhr oder $q(\alpha) = q$ zwischen $-\pi/3$ und $+\pi/3$. Dabei ist q in kcal/m² s bzw. in kcal/m² h die während der achtstündigen Aufheizzeit des Speichers konstant anfallende Wärmemenge.

Die Zerlegung in Grund- und Oberwellen ergibt:

$$q(t) = a_0 + \sum_{n=1}^n a_n \cos \omega_n t, \tag{11}$$

mit $t = 0$ bei 2 Uhr. Man erhält in bekannter Weise mit Berücksichtigung von Abb. 1:

$$q(t) = \frac{q}{3} + \frac{2q}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin n \frac{\pi}{3} \cos n \omega t, \tag{12}$$

hier ist $n \omega = \omega_n$ mit $n = 1, 2, \dots$. Und $\omega = \omega_1 = \frac{2\pi}{T}$ mit $T = 24$ h bzw. $T = 86\,400$ s. Der konstant anfallenden Heizleistung $q/3$ in (12) entspricht eine stationäre Temperatur ϑ_{stat} , welche den Wert

$$\vartheta_{\text{stat}} = \frac{q}{3\lambda} \left(l + \frac{\lambda}{a} - a \right) \tag{13}$$

hat.

ϑ_{stat} in (13) ist jetzt noch als dritter Summand auf der rechten Seite von (8) hinzuzufügen. Es ist dann:

$$\begin{aligned} \vartheta = & \sum_{n=1}^{n=\infty} e^{\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a}} \left[A_n \cos \left(\omega_n t + \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) + \right. \\ & + B_n \sin \left(\omega_n t + \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) \Big] + \\ & + \sum_{n=1}^{n=\infty} e^{-\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a}} \left[C_n \cos \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) + \right. \\ & + D_n \sin \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) \Big] + \frac{q}{3\lambda} \left(l + \frac{\lambda}{a} - a \right). \end{aligned} \tag{14}$$

Setzt man jetzt (12) und (14) in die erste Randbedingung (9) und ebenso (14) in die zweite Randbedingung (10) ein, dann können die Konstanten A_n , B_n , C_n und D_n in (14) berechnet werden und damit ist ϑ als Funktion von x und t bekannt.

4) Der Durchgang der Temperaturwellen durch die parallelfankige Schicht und erste Kritik des Speichermaterials

Aus (14) erhält man für eine beliebige von links nach rechts fortschreitende Temperaturwelle:

$$\begin{aligned} \vartheta_n = & e^{-\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a}} \left[C_n \cos \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) + \right. \\ & + D_n \sin \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) \Big]. \end{aligned} \tag{15}$$

Für die Hüllkurven dieser gedämpften Temperaturwelle ergeben sich aus

$$\pm e^{-\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a}} \sqrt{C_n^2 + D_n^2}$$

in Übereinstimmung mit Abb. 2 die Ordinatenpaare:

$$\pm \sqrt{C_n^2 + D_n^2} \quad \text{und} \quad \pm e^{-\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{l}{a}} \sqrt{C_n^2 + D_n^2}.$$

Die Dämpfung der Temperaturwellen beim Durchsetzen der Schicht ist um so größer, je größer der Dämpfungsexponent $\sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{1}{a}$ ist. Wegen $\omega_n = n \omega = \frac{n 2 \pi}{T}$ ist der Dämpfungsexponent für die Oberwellen stärker. Die Dämpfung ist um so größer, je kleiner der Temperaturleitwert $a = \sqrt{\frac{\lambda}{c \gamma}}$ ist. Bildet man aus (15) $\frac{\partial \vartheta_n}{\partial t} = 0$, dann folgt:

$$D_n \omega_n \cos \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) = C_n \omega_n \sin \left(\omega_n t - \sqrt{\frac{\omega_n}{2}} \frac{x}{a} \right) \tag{16}$$

und

$$t = \frac{1}{\omega_n} \left(\arctan \frac{D_n}{C_n} \pm z \pi \right) + \sqrt{\frac{1}{2 \omega_n}} \frac{x}{a}, \tag{17}$$

wobei z jede beliebige ganze Zahl ist. Aus (17) folgt für die Durchgangsgeschwindigkeit der Temperaturwelle:

$$\frac{dx}{dt} = v_n = a \sqrt{2 \omega_n} = a \sqrt{2 n \omega}. \tag{18}$$

Die Geschwindigkeit ist dem Temperaturleitwert a und \sqrt{n} , also der Wurzel aus der Ordnungszahl proportional.

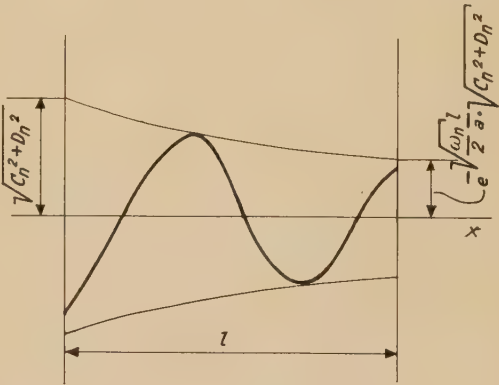


Abb. 2

Die Oberwellen wandern rascher und werden stärker gedämpft.

Die Zeit, in welcher die einzelnen Punkte der Temperaturwelle n -ter Ordnung die Schicht von der Dicke l durchsetzen, ist mit (18):

$$t_n = \frac{l}{v_n} = \frac{l}{a \sqrt{2 n \omega}}. \tag{19}$$

Setzt man hier $l = 1$ m und $n = 1$, dann folgt mit $a = \sqrt{\frac{\lambda}{c \gamma}}$:

$$t_1 = \frac{1}{\sqrt{2 \omega}} \sqrt{\frac{c \gamma}{\lambda}}, \tag{20}$$

setzt man hier in $\omega = \frac{2\pi}{T}$ für $T = 24$ h, dann erhält man mit den eingangs angegebenen Dimensionen für c , γ und λ die Zeit t_1 in (20) in Stunden. t_1 ist jene Zeit, in welcher die Temperaturwerte der Grundwelle der Temperaturkurve eine 1 m dicke Schicht des Speichermaterials durchsetzen.

(20) bietet bereits die Möglichkeit einer grundlegenden Kritik des Speichermaterials. Nachdem der Nachtstromspeicherofen von 22 Uhr bis 6 Uhr früh aufgeheizt wird und während dieser Zeit nur wenig und später nur zögernd Wärme abgeben soll, wird man zweckmäßig ein Speichermaterial wählen, bei welchem der spezifische Wert t_1 in (20) hoch ist. Es muß also die spezifische Wärme c und das spezifische Gewicht γ hoch und die Wärmeleitfähigkeit des Speichermaterials λ klein sein. J. ZULEHNER gibt in Elektrowärmetechnik (1955), H. 4, für Naturspeckstein den Wert $\sqrt{\frac{c\gamma}{\lambda}} = 33,3$ und für Magnesit den Wert $\sqrt{\frac{c\gamma}{\lambda}} = 8,2$ an. Man erkennt daraus, daß Naturspeckstein hinsichtlich der Verwendung als Kernmaterial für Nachtstromspeicheröfen dem Material Magnesit weit überlegen ist.

5) Die Verzögerungszeit als zweite Kritik des Speichermaterials

Würde man nun einwenden, daß der spezifische Wert t_1 in (20) ohne weiteres klein sein kann, wenn man nur durch Anordnung einer entsprechenden Wärmedämmschicht, beispielsweise aus Schlackenwolle, den vorzeitigen Wärmeaustritt aus dem Wärmespeicher verhindert, so wird dieser Einwand durch die in der Folge aufgezeigte zweite Kritik des Speichermaterials widerlegt. Wenn t_1 klein, also die Wärmeleitfähigkeit des Speichermaterials hoch wäre, dann würde der Nachtstromspeicherofen die höchste Temperatur an seiner Außenwand auch bei Anwendung einer Wärmedämmschicht praktisch bereits am Ende der Aufheizzeit, also um 6 Uhr früh erreichen. Das wäre aber gar nicht erwünscht. Außerdem bleibt auch, wie noch später gezeigt wird, die Wärmeleitfähigkeit der Schlackenwolle gar nicht konstant, sondern ist stark temperaturabhängig, so daß die Wärmedämmung bei höheren Temperaturen sehr stark herabgesetzt wird. Unter Punkt 3) wurde der Temperaturverlauf in einer planparallelen Schicht als Summe periodischer Temperaturfunktionen dargestellt. Nunmehr soll der Temperaturverlauf in der Schicht am Ende der Aufheizzeit von 8 h ermittelt werden, wobei zu Beginn der Aufheizzeit innerhalb der Schicht überall $\vartheta = 0$ sein soll. Während der Aufheizzeit fällt wieder an der linken Flanke der Schicht sekundlich die Wärmemenge q an. Wir gehen wieder von (1) aus, aber verwenden jetzt zur Bestimmung der Temperaturkurven das Differenzenverfahren. Bei Anwendung des Differenzenverfahrens werden anstatt der Differentialquotienten die Differenzenquotienten eingeführt. Dabei läßt sich aus (1) die Gleichung

$$\vartheta(x, t + \Delta t) = \frac{\vartheta(x + \Delta x, t) + \vartheta(x - \Delta x, t)}{2} \quad (21)$$

ableiten.

Dabei müssen die Zeitintervalle Δt in Stunden und die innerhalb der Schicht von der Dicke l liegenden Wegintervalle Δx in Metern so gewählt werden, daß

$$\Delta t = \frac{(\Delta x)^2}{2a^2} \quad (22)$$

wird.

Dabei ist a^2 nach (2) das Quadrat des Temperaturleitwertes. Um mit Hilfe von (21) den orts- und zeitabhängigen Temperaturverlauf $\vartheta(x, t)$ in der Schicht von der Dicke l bestimmen zu können, sind noch die maßgeblichen Randbedingungen auszurechnen. Der Wärmeeintritt erfolgt an der Stelle $x=0$ und die Wärmeabgabe an der Stelle $x=l$. Nachdem aber bei der Ermittlung der Randbedingungen ebenfalls das Differenzenverfahren angewendet

wird, kann nicht von den Randbedingungen an den Stellen $x=0$ und $x=l$ gesprochen werden, sondern von den Randbedingungen im Bereich $x=0$ und $x=l$.

Randbedingung im Bereich $x=0$.

Die Schicht soll wieder die Materialkonstanten c in kcal/kg °C, desgleichen γ in kg/m³ und λ in kcal/m h °C haben. An der Stelle $x=0$ soll gemäß Abb. 1 die Wärmemenge q in kcal/m² s zugeführt werden. Denkt man sich die Stelle $x=0$ in der Mitte eines Wegintervalles Δx mit den Grenzen $-\Delta x/2$ und $+\Delta x/2$, dann gilt für den Wärmestrom Q , welcher dieses Wegintervall pro m² in der Zeit Δt h durchsetzt:

$$Q = \lambda \frac{\vartheta(-\Delta x/2, t) - \vartheta(+\Delta x/2, t)}{\Delta x} \Delta t \quad (23)$$

oder

$$\vartheta(-\Delta x/2, t) = \vartheta(+\Delta x/2, t) + \frac{Q \Delta x}{\lambda \Delta t} \quad (24)$$

Zu Beginn der Berechnung, also bei $t=0$, wird $\vartheta\left(\frac{\Delta x}{2}, t\right) = 0$ gesetzt.

Randbedingung im Bereich $x=l$.

An der Stelle $x=l$ tritt im Zeitintervall Δt die Wärmemenge

$$Q' = \alpha \vartheta(x=l, t) \cdot \Delta t \quad (25)$$

pro m² aus. Stellt man sich vor, daß die Stelle $x=l$ in der Mitte eines Wegintervalles Δx mit den Grenzen $l - \frac{\Delta x}{2}$ und $l + \frac{\Delta x}{2}$ liegt, dann gilt ebenfalls:

$$Q' = \lambda \frac{\vartheta(l - \Delta x/2, t) - \vartheta(l + \Delta x/2, t)}{\Delta x} \Delta t \quad (26)$$

Zu (25) und (26) gilt als Zusatzbedingung:

$$\vartheta(x=l, t) = \frac{\vartheta(l - \Delta x/2, t) + \vartheta(l + \Delta x/2, t)}{2} \quad (27)$$

Aus (25), (26) und (27) folgt als Randbedingung im Bereich $x=l$:

$$\frac{\vartheta(l + \Delta x/2, t)}{\vartheta(l - \Delta x/2, t)} = \frac{s - \frac{\Delta x}{2}}{s + \frac{\Delta x}{2}} \quad (28)$$

Hier ist

$$s = \frac{\lambda}{\alpha} \quad (29)$$

die für alle Temperaturkurven an der Stelle $x=l$ konstante Subtangente, wobei α der Koeffizient der gesamten Wärmeabgabe an der Stelle $x=l$ ist, wo die Wärme aus der planparallelen Schicht austritt. Mit den in diesem Abschnitt angeführten Gleichungen wird nun der Wärmedurchgang durch drei einzelne Schichten aus Speckstein, Magnesit und Schlackenwolle rechnerisch ermittelt.

5.1) Speckstein

Spezifische Wärme $c = 0,3$ kcal/kg °C; Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 1,1$ kcal/m h °C; spezifisches Gewicht $\gamma = 3000$ kg/m³; Schichtdicke, angenommen $l = 10$ cm, sekundliche Wärmefuhr, an der Stelle $x=0$ angenommen, $q = 1$ kcal/m² s. Koeffizient der gesamten Wärmeabgabe, an der Stelle $x=l$ angenommen, $\alpha = 10$ kcal/m² h °C. Schließlich wird für das Wegintervall innerhalb der Schicht angenommen $\Delta x = 0,02$ m. Mit diesen Werten erhält man aus den Gl. (21) bis (29) nach achttündiger Wärmezufuhr an der Stelle $x=0$ die Temperaturlinie 1 in Abb. 3a. Nach 8 h wird die Wärmezufuhr abgeschaltet. Untersucht man jetzt ebenfalls mittels der genannten Gleichungen den Temperaturverlauf in der planparallelen Schicht während der nun beginnenden Abkühlung, dann erhält man nach der Zeit $t_v = 1,2$ Stunden die Temperaturlinie 2 in Abb. 3a. Während dieser Zeit steigt die Temperatur nach dem Abschalten der Wärmezufuhr an der wärmeabgebenden Seite der Schicht, also bei

$x = l$ noch an. Die Temperatur steigt dort von $\vartheta = 157,5^\circ\text{C}$ auf $\vartheta = 172,5^\circ\text{C}$. D. h. die Temperaturzunahme in der Zeit t_v nach dem Abschalten der Wärmezufuhr beträgt 9,5%. Diese, für die Speicherefähigkeit des Kernmaterials

kann. Die Linie 3 in Abb. 3b zeigt den Temperaturanstieg an der wärmeabgebenden Flanke der Schicht in Abhängigkeit von der Zeit. Nach dem Erfassen der Verzögerungszeit wurde die Berechnung abgebrochen.

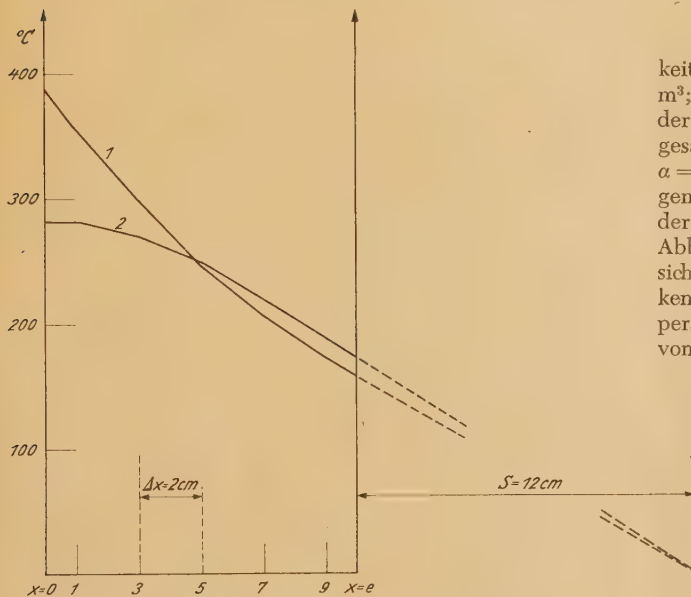


Abb. 3a

Anmerkung: statt $x = l$ wurde irrtümlich $x = e$ geschrieben.

charakteristische Zeit t_v ist ein wichtiges Maß für das Güteverhalten des Kernmaterials und soll die Verzögerungszeit genannt werden. Die Verzögerungszeit t_v läßt sich nach einem Vorschlag von Direktor STRANGFELD der Erndt GmbH, Wien, als zeitlich gemessener Wärmelastwinkel ansprechen. Während der elektrische Lastwinkel in Netzen möglichst klein sein soll, ist beim Betrieb von Nachtstrom-Speicheröfen ein möglichst großer Wärmelastwinkel erwünscht. Dieser soll auch je nach der vom Nachtstrom-

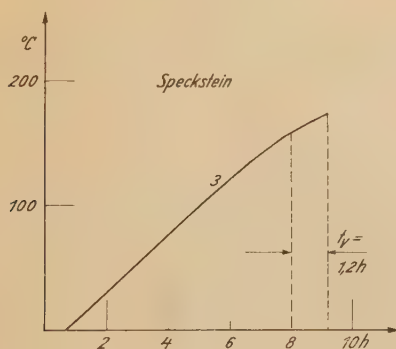


Abb. 3b

speicher zu erfüllenden Funktion durch entsprechende Kernbauart, beziehungsweise Vergrößerung oder Verkleinerung der Schichtdicke, ganz dem jeweiligen Kundenwunsch angepaßt werden können. Es muß hier auch erwähnt werden, daß die exakte Erfassung der für die Beurteilung des Güteverhaltens eines Nachtstromspeichers so wichtigen Verzögerungszeit t_v hier erstmalig erfolgte. In diesem Zusammenhang sei hier gleichzeitig Herrn Dipl.-Ing. W. ROKITANSKY, Linz, für seine wertvolle Mitarbeit bestens gedankt. Man sieht aus dem Verlauf der Temperaturlinie 1 in Abb. 3a, daß beim Betrieb von Nachtstromspeichern eine stark gekrümmte Temperaturlinie im Kernmaterial erwünscht ist, weil nur mit einem solchen Kernmaterial eine Selbstregelung beim Betrieb des Nachtstromspeichers erreicht werden

5.2) Magnesit

Spezifische Wärme $c = 0,26 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$; Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 8 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$; spezifisches Gewicht $\gamma = 2600 \text{ kg/m}^3$; Schichtdicke $l = 10 \text{ cm}$; sekundliche Wärmezufuhr an der Stelle $x = 0$ wie vorher $q = 1 \text{ kcal/m}^2 \text{ s}$; Koeffizient der gesamten Wärmeabgabe bei $x = l$ ebenfalls wie vorher $\alpha = 10 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$; Wegintervall innerhalb der Schicht angenommen $\Delta x = 0,05 \text{ m}$. Nach achttündiger Wärmezufuhr an der Stelle $x = 0$ erhält man die Temperaturkennlinie 1 in Abb. 4a. Nach dem Abschalten der Wärmezufuhr ergibt sich nach der Verzögerungszeit $t_v' = 0,21 \text{ h}$ die Temperaturkennlinie 2 in Abb. 4a. Während dieser Zeit steigt die Temperatur an der rechten wärmeabgebenden Flanke der Schicht von $\vartheta = 242,6^\circ\text{C}$ auf $\vartheta = 247,5^\circ\text{C}$. Hier beträgt also die Temperaturzunahme in der Zeit t_v' nach dem Abschalten der Wärmezufuhr nur 2% gegenüber 9,5% bei Speckstein. Einen noch größeren Unterschied ergibt der Vergleich der Verzögerungszeiten. Diese verhalten sich wie $t_v/t_v' = 1,2/0,21 = 5,7$. D. h. daß die Verzögerungszeit, also die Zeit, nach welcher nach dem Abschalten der Wärmezufuhr die höchste Temperatur an der wärmeabgebenden Flanke auftritt, bei Speckstein rund 6mal so groß ist wie bei Magnesit. Man sieht auch aus Abb. 4a, daß bei Magnesit zum Unterschied von Speckstein eine nur leicht gekrümmte Temperaturkennlinie vorhanden ist. Die leichte Krümmung wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit von Magnesit bedingt. Nachdem aber eine stark gekrümmte Temperaturkennlinie für die Selbstregelung, also für das aus dem Speicher selbst kommende Bestreben, die Wärme nur zögernd abzugeben, erforderlich ist, stimmt das Ergebnis der zweiten Kritik des Speichermaterials mit dem Ergebnis von dessen erster Kritik vollkommen überein. In beiden Fällen wird festgestellt, daß die Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials nicht hoch sein darf. (Nach J. Zulehner ist die Wärmeleitfähigkeit für Speckstein $\lambda = 1,1 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$ und für Magnesit $\lambda = 8 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$.) Die Linie 3 in Abb. 4b zeigt den Temperaturanstieg an der wärmeabgebenden Flanke der Schicht in Abhängigkeit von der Zeit. Nach dem Erfassen der Verzögerungszeit wurde die Berechnung wieder abgebrochen.

5.3) Schlackenwolle

$c = 0,18 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$; $\lambda = 0,0645 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$ bei etwa 250°C ; $\gamma = 200 \text{ kg/m}^3$; Schichtdicke $l = 0,02 \text{ m}$. Diese Schichtdicke entspricht größenordnungsmäßig der praktischen Ausführung bei Nachtstromspeichern mit Magnesitkernen, welche immer mit Schlackenwolle umkleidet werden müssen. Die Begründung dieser Maßnahme wird noch erläutert. Für die sekundliche Wärmezufuhr an der Stelle $x = 0$ wählen wir jetzt, um nicht auf zu hohe Temperaturen zu kommen, $q = 0,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ s}$. Ferner ist wie vorher $\alpha = 10 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$. Schichtintervall $\Delta x = 0,01 \text{ m}$. Die linke Temperaturkennlinie in Abb. 5 gibt die Temperaturverteilung nach 0,39 h Heizzeit und die rechte Linie zeigt die Temperaturverteilung nach der Zeit $t = \infty$. Man sieht aus dem Vergleich der beiden Linien, daß die nach 0,39 h vorhandene Temperaturverteilung fast geradlinig ist und nach 8 h praktisch geradlinig sein würde. Ist aber die Temperaturkennlinie geradlinig, dann ist die Verzögerungszeit $t_v = 0$. Die Schlackenwollschicht wirkt also nicht speichernd, sondern als reine Sperrschicht, nachdem sie, wie man aus Abb. 5 erkennt, ein hohes Temperaturgefälle verbraucht. Die Schlackenwolle verhindert also nicht, daß ein Magnesitkern nach achttündiger Heizzeit an seiner Oberfläche praktisch bereits seine Endtemperatur erreicht. Sie verhindert zufolge ihrer stark temperaturabhängigen Wärmeleitfähigkeit ebenfalls nicht, daß ein Magnesitkern

bald nach dem Abschalten der Wärmezufuhr, also bereits in den Morgenstunden, die größte Wärme abgibt.

Nach J. S. CAMMERER und nach Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wärmetechnik in Wien, ist die Änderung der Wärmeleitfähigkeit λ bei Schlackenwolle in % pro °C bedeutend, so daß λ bei 600 °C etwa um 86 % größer wird als bei 200 °C. Das bedeutet aber, daß die Sperrschicht aus Schlackenwolle mit steigender Kerntemperatur ihre Sperrwirkung stark einbüßt. Dadurch findet aber bereits eine Aufheizung des Raumes bei Nacht statt und die größte

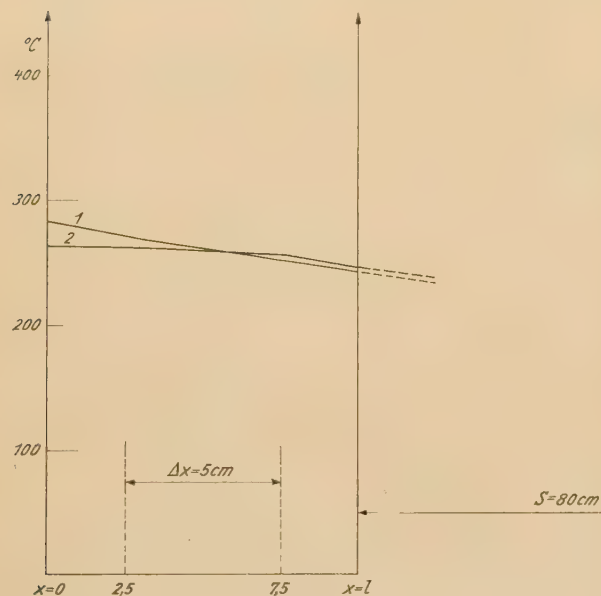


Abb. 4 a

Wärmeabgabe erfolgt für jeden Fall in den Morgenstunden. Nachmittags bzw. gegen Abend, wenn die Kerntemperatur abgenommen hat, setzt die Sperrwirkung der Schlackenwollschicht wieder voll ein. Jetzt müssen die Klappen oder Schieber betätigt werden, um die Raumluft durch den Speicherkern strömen zu lassen und auf diese Weise die Kernwärme abzuführen. Zu Beginn der Heizperiode müssen

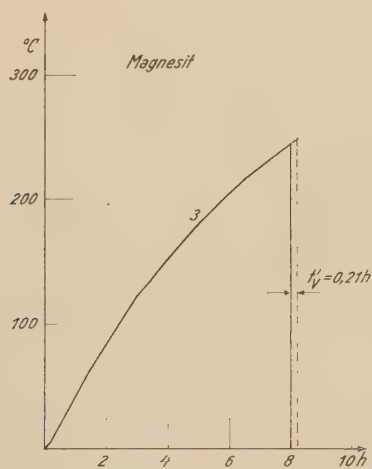


Abb. 4 b

die Klappen natürlich wieder geschlossen werden. Diese Regelmaßnahmen sind beim selbstregelnden Specksteinkamin nicht notwendig. Wie man aus Abb. 4 a erkennt, verbraucht der Magnesitkern wegen seiner hohen Wärmeleitfähigkeit nur ein kleines Temperaturgefälle und daher

muß der Magnesitkern immer mit einer Sperrschicht umkleidet werden, da er sonst die Kernwärme zu rasch abgeben würde. Die Verzögerungszeit wird aber durch die Schlackenwollschicht nicht beeinflusst.

6) Forderungen an die Betriebssicherheit des Nachtstromspeicherofens

Die Betriebssicherheit einer selbsttätig arbeitenden Heizanlage mit elektrischen Nachtstromspeichern muß natürlich garantiert sein. Ihre Lebensdauer muß nach Jahrzehnten gemessen werden können. Es darf auch keine Gefahr beim Ausfallen der Zeitschaltuhr und der damit verbundenen Überlastung der Heizkörper bestehen. Dafür verbürgen die erprobten, durch 48 h überlastbaren Spezialheizkörper des Speckstein-Ofens.

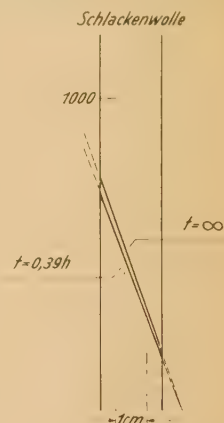


Abb. 5

7) Leistungsbedarf pro Volumeneinheit des gesamten beheizten Raumes

In der eingangs erwähnten Veröffentlichung sind auf Grund umfangreicher und sorgfältiger Erhebungen, spezifische Stromverbrauchskurven in Abhängigkeit von der Raumgröße und für verschiedene Raumbenutzung dargestellt. Der spezifische Stromverbrauch läßt sich natürlich auf Grund von gegenständlichen Erfahrungswerten rechnen und es soll in der Folge der grundsätzliche Verlauf der Kurve des spezifischen Stromverbrauches rechnerisch nachgewiesen werden. Wir wenden die Gleichung

$$\vartheta = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{W}{O} \quad (30)$$

auf einen in der Abb. 6 dargestellten gleichseitigen Einheitsraum an. Hier ist ϑ in °C die Übertemperatur der Wände



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9

gegenüber der Außenluft. α in kW/m² °C ist der Koeffizient der gesamten Wärmeabgabe. W in kW ist die im Raum sekundlich anfallende Heizleistung und O in m² ist die Oberfläche des Raumes. Die Werte ϑ und α sollen konstant sein und das Produkt $\vartheta\alpha$ soll als Einheit in kW/m² angenommen werden. Also:

$$\vartheta\alpha = 1. \quad (31)$$

Ferner geben wir dem Raum in Abb. 6 die Einheitsoberfläche O_e in m². Es ist

$$O_e = 1. \quad (32)$$

Setzt man die Werte aus (31) und (32) in (30) ein, dann erhält man die Einheitswärmeleistung W_e in kW, welche dem Einheitsraum sekundlich zuzuführen ist:

$$W_e = 1. \quad (33)$$

Ebenfalls hat der Einheitsraum in Abb. 6 das Einheitsvolumen in m³:

$$V_e = 1. \quad (34)$$

Die spezifische Heizleistung in kW/m³ erscheint dann ebenfalls als Einheit und folgt aus (33) und (34) als

$$W_e/V_e = 1. \quad (35)$$

Tabelle I

$\frac{O}{O_e}$	$\frac{V}{V_e}$	$\frac{W}{W_e}$	$\frac{W}{V} \cdot \frac{V_e}{W_e}$
1	1	1	1
1,66	2	1,66	0,83
2,33	3	2,33	0,77
2,66	4	2,66	0,66
4	8	4	0,5

In der Tabelle I sind daher alle Werte in der ersten Zeile gleich 1. Ordnet man nun gemäß Abb. 7 nebeneinander zwei Einheitsräume an, dann fallen von der wärmeabgebenden Oberfläche zwei Quadratflächen weg und man erhält für die neue Oberfläche: $O/O_e = 10/6 = 1,66$.

Für das neue Volumen gilt: $V/V_e = 2$.
Setzt man $O/O_e = 1,66$ in (30) ein, dann folgt mit (31), (32), und (33) für die neue Heizleistung $W/W_e = 1,66$.
Und die neue spezifische Heizleistung ist $W/V = 0,83 W_e/V_e$.

Zur Abb. 7 gehört die Zeile 2 der Tabelle. Zur Abb. 8, bei welcher vier Quadratflächen, und zur Abb. 9, bei welcher

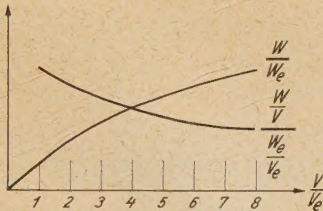


Abb. 10

acht Quadratflächen ausfallen, gehören die Zeilen 3 und 4. Ordnet man nochmals vier Einheitsräume über den Räumen der Abb. 9 an, dann erhält man die Werte in der Zeile 5

der Tabelle. Der relative Leistungsbedarf W/W_e ist in Abb. 10 über dem dazugehörenden relativen Volumen V/V_e aufgetragen. Dividiert man W/W_e durch V/V_e , dann erhält man den relativen Leistungsbedarf pro Volumeneinheit des zu erwärmenden Gesamtraumes $W/V/W_e/V_e$. Der relative Leistungsbedarf pro Volumeneinheit nimmt mit der Größe des zu erwärmenden Gesamtraumes ab. Die Form der Abnahme hängt natürlich von der Benutzungsart des Raumes und den diesbezüglichen Erfahrungswerten ab.

8) Zusammenfassung

Die hervorragende Eignung von Speckstein als Kernmaterial für Nachstromspeicheröfen ist aus drei Gründen gegeben. Erstens ist die spezifische Wärme von Speckstein $c = 0,3 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ höher als $c = 0,26 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ bei Magnesit. Daher werden die Abmessungen des Specksteinspeichers kleiner als beim Magnesitspeicher. Zweitens ist die Verzögerungszeit, also die Zeit zwischen dem Ende der Aufheizzeit und der größten Wärmeabgabe, bei Speckstein rund sechsmal so groß wie bei Magnesit. Die Verzögerungszeit soll zwischen 3 und 5 h liegen, aber auch für Sonderfälle mehr als 5 h betragen. Die Verzögerungszeit soll also wählbar und damit ganz dem jeweiligen Kundenwunsch angepaßt sein. Drittens braucht der Specksteinspeicher wegen der kleinen Leitfähigkeit $\lambda = 1,1 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$ keine Wärmedämmschicht aus Schlackenwolle. Der Specksteinspeicher bedarf daher keiner zusätzlichen Lüftungskappen und arbeitet selbstregelnd, wobei die Wärmeabgabe tagsüber gleichmäßig ist und die Temperaturschwankungen im Raum nur $\pm 2^\circ\text{C}$ betragen. Der Magnesitspeicher braucht wegen der hohen Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 8 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$ eine Wärmedämmschicht aus Schlackenwolle. Nun ist die Wärmeleitfähigkeit der Schlackenwolle stark temperaturabhängig und steigt mit zunehmender Temperatur. Daher wird die Wärmeabgabe am Ende der Heizzeit wegen der kleinen Verzögerungszeit bei Magnesit bereits hoch sein. Bei Abkühlung des Kernes nimmt die Wärmeleitfähigkeit der Schlackenwolle wieder ab, so daß die Sperrschicht ein hohes Temperaturgefälle verbraucht. Jetzt muß die Kernwärme mit Lüftungskappen abgeführt werden. Daher fehlt beim Magnesitspeicher die beim Specksteinspeicher vorhandene vorteilhafte Selbstregelbarkeit.

Erndt GmbH
Wien IX,
Pramergasse 25

Verbandsnachrichten

Vorträge des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik (Elektrotechnischer Verein Österreichs) im Jahre 1960

- 13. Januar 1960: Dir. Dr.-Ing. ERICH SCHULZE: „Die Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom im Vergleich zur Übertragung mit Drehstrom“
- 27. Januar 1960: Dipl.-Ing. A. W. ROTH: „Entwicklungstendenzen im Bau von Flüssigkeitsschaltern“
- 2. Februar 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein: Dipl.-Ing. REINHOLD KAYSER: „Die Antennenanlagen des Österreichischen Rundfunks“
- 10. Februar 1960: Ing. WILHELM SOUKUP: „Fernsehen für Industrie, Unterricht und Forschung“
- 24. Februar 1960: Dipl.-Ing. H. WUTZ: „Höchstspannungsschalter mit Löschluftspeicherung in den Schaltkammern“
- 9. März 1960: Prok. Dipl.-Ing. FRIEDRICH SUSAN: „Das Donaukraftwerk Aschach“
- 16. März 1960: Dipl.-Ing. GUSTAV PREININGER: „Der Einfluß der Stoßspannung im Transformatorenbau“
- 17. März 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule in Wien: Dir.

- FRITZ ULRICH: „Konstruktionen und Konstruktionsprinzipien der Nachrichtentechnik“
- 23. März 1960: Dipl.-Ing. HANNS RUZICKA: „Die Entwicklung der Lichttechnik“
- 30. März 1960: Dir. Dipl.-Ing. ALEXANDER KOTHBAUER: „Die Tauernkraftwerke Aktiengesellschaft“
- 6. April 1960: Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. HANNS GRASL: „Schnellerregung elektrischer Maschinen“
- 12. April 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein: Prof. HERMANN OBERTH: „Technische Perspektiven der Weltraumfahrt“
- 20. April 1960: Dipl.-Ing. HUBERT GSODAM: „Glimmstörspannungsmessung an elektrischen Maschinen und Geräten“
- 4. Mai 1960: Prof. Dr.-Ing. HUBERT ROTHERT: „Probleme des Elektromaschinenbaues“
- 11. Mai 1960: Dipl.-Ing. HANS GEORG BÜRGIN: „Vergleich dreier elektronischer Rechenmethoden“
- 5. September 1960: Dipl.-Ing. GERARD DE WECK: „Fernmessung elektrischer und anderer Werte“

12. Oktober 1960: Ing. O. WOHLFAHRT: „Zerstörungsfreie Messung an der Isolation von Statorwicklungen rotierender Hochspannungsmaschinen“

18. Oktober 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein: Dir. WERNER KIRSCH: „Neuere Entwicklungen des Korrosionsschutzes mittels Umhüllungen“

19. Oktober 1960: Dr.-Ing. LUDWIG WAGNER: „Die europäischen Versuchsfelder für Hochleistung“

26. Oktober 1960: Dir. Dipl.-Ing. KARL BOBEK: „Bauformen großer elektrischer Maschinen ohne Kühlwasserbedarf“

9. November 1960: Oberg. HEINZ GUTMANN: „Vielseitige Aufgaben für neuzeitliche Distanzrelais“

10. November 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule: Dir. PANZERBIETER: „Speicher in Fernsprechvermittlungsanlagen“

16. November 1960: Dipl.-Ing. JOHANN WANTKE: „Die Grundlagen der druckfesten Kapselung für schlagwetter- und explosionsgeschützte Geräte“

23. November 1960: Ing. HANS VÖGLER: „Entwicklungstendenzen im Bau von Niederspannungs-Schaltsschützen“

24. November 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule in Wien: Dr.-Ing. FRANK FRÜNGEL: „Die Erzeugung von Lichtimpulsen durch gesteuerte Kondensatoren-Entladungen und ihre Anwendung in Meteorologie (Wolkenhöhenmesser, Sichtweitenmesser), Signalübertragungstechnik und in der Funkenblitz-Kinematografie mit Bildfolgen bis 300 000/s“

30. November 1960: Ing. E. ANDERS: „Elektrische Drehzahlregler für Turbinen“

7. Dezember 1960: Dipl.-Ing. KARL GRABNER: „Hochspannungs-Prüftransformatoren in Kaskadenschaltung“

12. Dezember 1960 Gemeinschaftsveranstaltung mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule in Wien: Prof. Dr. KARL BERGER: „Neue Erkenntnisse der Blitzforschung mit besonderer Berücksichtigung der Messungen auf dem Monte San Salvatore bei Lugano“

14. Dezember 1960: Prof. Dir. Dipl.-Ing. Dr. techn. AUGUST HOCHRAINER: „Prüfung von Hochspannungsschaltern“

Buchbesprechungen

DK 538.566.029.6=4 (048.1)

Propagation des Ondes Electromagnetiques de Haute Frequence. Von JEAN ORTUSI. 320 S., 110 Abb. Societe Francaise de Documentation Electronique. 1957. ffr 3 100,—.

In verhältnismäßig konzentrierter Weise wird die Theorie der Fortpflanzung von Kurzwellen und ihrer Ergebnisse dargestellt. Nach einem allgemeinen Kapitel über das elektromagnetische Feld folgen Ausführungen über elektromagnetische Wellen in homogenen und isotropen Medien. Das dritte Kapitel ist den Wellen in anisotropen Medien gewidmet, das vierte den Wellen an parallelen Leitern. Ausführungen über die Wellenausbreitung auf der Erdoberfläche beschließen den Band.

Wegen der verhältnismäßigen Kürze der Ausführungen hat der Band den Charakter eines umfangreichen Berichtes. Anfängern ist er kaum zu empfehlen, doch kann er zum Nachschlagen und zur Orientierung mit Nutzen herangezogen werden. Im Literaturverzeichnis sind nur französische und englische Veröffentlichungen berücksichtigt.

L. KNEISSLER

DK 001.4=861/862=863 : 621.313/314+621.38 (048.1)

Slovenski elektrotehniški slovar. Skupina 10. Stroji in transformatorji. 120 S. Ljubljana: Elektrotehniško Društvo Slovenije. 1958. — Skupina 07. Elektronika. 172 S. Ljubljana: Elektrotehniško Društvo Slovenije. 1959.

Mit diesen beiden Bändchen liegt jetzt die slowenische und serbokroatische Bearbeitung zweier weiterer Gruppen des IEC-Wörterbuches vor: Gruppe 07 „Elektronik“ und Gruppe 10 „Maschinen und Transformatoren“.¹⁾

Die Anordnung ist dieselbe wie bei der im Jahre 1957 veröffentlichten Bearbeitung der Gruppe 05 „Grundbegriffe“.²⁾

Bearbeitungen der Wörterbuchgruppen 15, 16 und 20 sind auch bereits angekündigt.

E. WÜSTER

¹⁾ E und M, 73. Jg. (1956), H. 13, S. 363.

²⁾ E und M, 75. Jg. (1958), H. 20, S. 587/588.

Berichtigung

Mitteilungen der Elektrotechnischen Versuchsanstalt. Prüfberichte. E und M, 77. Jg. (1960), H. 6, S. 133.

Auf Seite 134 gehören die Abbildungen der beiden Haushaltwaschmaschinen FAM und Regina vertauscht.

Mitteilungen

Ernennungen und Ehrungen

Der Bundespräsident hat mit Entschliebung vom 1. September 1960 unserem Hauptausschußmitglied, Herrn Prok. Dipl.-Ing. FRIEDRICH SUSAN, das Silberne Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich verliehen.

Der Bundespräsident hat mit Entschliebung vom 10. November 1960 den Honorarprofessor an der Technischen Hochschule in Wien, Herrn Dr. phil. GUSTAV ORTNFR, zum ordentlichen Hochschulprofessor für Technische Kernphysik an der Technischen Hochschule in Wien ernannt.

Vorträge im ÖVE

11. Januar 1961: Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. H. CH. HEINZERLING (AEG Austria Ges.m.b.H., Wien) über: „Kon-

taktlose Schaltelemente für die Steuerungs- und Regelungstechnik“. Zeit: 18.00 Uhr c.t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

18. Januar 1961: Vortrag des Herrn Dr.-Ing. CLAUD KESSLER (Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen) über: „Kontaktlose logische Steuerungen für die Industrie“. Zeit: 18.00 Uhr c.t. — Ort: Wien I, Eschenbachgasse 9, II. Stock, Großer Saal.

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dir. Dipl.-Ing. Dr. techn. Erwin Pawelka, ELIN-UNION, Werk Stadlau, Wien XXII, Dr.-Otto-Neurath-Gasse 1.

Zivilingenieur Dipl.-Ing. Dr. techn. Leopold Bauer, Wien XIX, Pyrkerstrasse 30/32.

BBC-Richt- und Sprechfunkgeräte



RT 7 für Mobilfunknetze

mit Einsatzfahrzeugen bei Polizei, Feuerwehr, Sanität, im Zugförderungsdienst für Lieferfahrzeuge im betrieblichen Verkehr.

RT 5 für Mobilfunknetze

mit Einsatzfahrzeugen bei Polizei, Feuerwehr, Elektrizitätsversorgungsunternehmen für größere Reichweiten; Fernbedienung und Telefondurchschaltungen sind möglich,

für Richtfunkverbindungen

mit einem Übertragungskanal für Postverwaltungen, Elektrizitätsversorgungsunternehmen auch zur Fernwirkübertragung,

als Sprechfunkteilnehmeranschluß

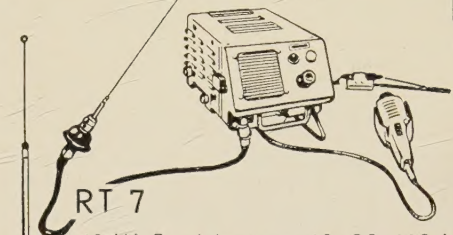
im öffentlichen Fernsprechnetz, Telefonanschluß für Baustellen, im gebirgigen Gelände.

RT 6 für Richtfunkverbindungen

als **Einkanalgerät** für Breitbandübertragung, Rundfunkreportagesrecken, als **Mehrkanalgerät** mit Trägerfrequenz-zusatzgeräten, gleichzeitige Übertragung bis zu sechs Telefoniekanälen.

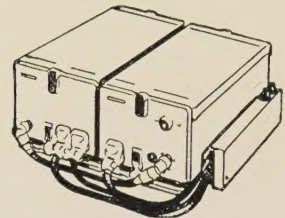
IM 23 für Richtfunkverbindungen

im stationären und ortsveränderlichen Einsatz; bis zu 23 Fernsprechanäle für Fernsprecbetrieb in Postverwaltungen.



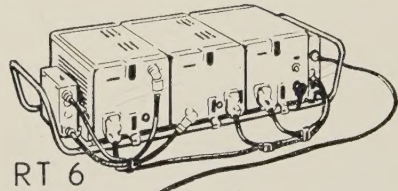
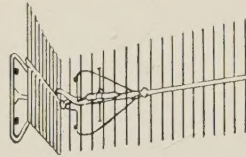
RT 7

10 W Sendeleistung, 40, 80, 160 MHz
Wechselsprechgeräte, netz- und batteriegespeist



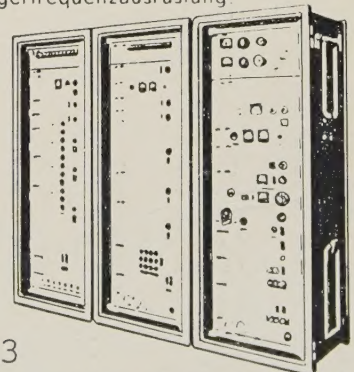
RT 5

20 ... 40 W, 30 ... 500 MHz
Wechsel- und Gegensprechgeräte netz- und batteriegespeist. Zusatzgeräte.



RT 6

20 ... 40 W, 160, 460 MHz
Richtfunk-Kleingeräte für 6 Telefoniekanäle mit Trägerfrequenzausrüstung.



IM 23

Pulsphasenmodulierte Richtfunkanlagen für ortsveränderlichen Einsatz 7, 11, 23 Kanäle.



FELTEN & GUILLEAUME

FABRIK ELEKTRISCHER KABEL, STAHL-
UND KUPFERWERKE AKTIEN-GESELLSCHAFT

WIEN, BRUCK/MUR, DIEMLACH

Fernmeldekabel aller Art
Coaxialkabel
Hochspannungskabel für jede Spannung
Imprägnierte Papierbleikabel
Ölkabel bis 220 kV
Gummi- und Kunststoffkabel
Leitungs-, Wickel- und Schalldrähte jeder
Isolationsart
Emaillierte Drähte

Kupfer- und Aluminiumdrähte
Freileitungsseile
Drahtseil-Sonderausführungen
Eisen- und Stahladrähte
Drahtstiften
Spannbetondrähte
Baustahlgitter
bi-Stahl

ANLAGEN

SCHRACK

GLEICHRICHTER

SYSTEME

SELENGLEICHRICHTER

SILIZIUMGLEICHRICHTER

GERMANIUMGLEICHRICHTER